



**KATEDRA MATERIÁLU**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 3911R018 Materiály a technologie

Zaměření: Materiálové inženýrství

**VLIV ZPŮSOBU TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ  
NA DEFORMACE SOUSTRUŽNICKÝCH NOŽŮ**

**EFFECT OF THE HEAT TREATMENT ON DEFORMATION LA-  
THE TOOLS**

**KMT – B – 214**

**Štefan Pravda**

Vedoucí práce: Ing. Adam Hotař, Ph.D.

Konzultant: Bc. Jaroslav Buriánek

Počet stran: 52

Počet tabulek: 8

Počet obrázků: 33

Počet grafů: 3

Počet příloh: 11

Datum 22.05.2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	<b>Štefan P R A V D A</b>
studijní program	<b>B2341 Strojírenství</b>
obor	<b>3911R018 Materiály a technologie</b>
zaměření	<b>Materiálové inženýrství</b>

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

### **Vliv způsobu tepelného zpracování na deformace soustružnických nožů**

#### **Zásady pro vypracování:**

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

- 1) Seznamte se s problematikou tepelného zpracování soustružnických nožů.
- 2) Porovnejte vliv způsobů kalení na deformace u vybraných soustružnických nožů.
- 3) Vyhodnoťte uvedené způsoby kalení z hlediska deformací.
- 4) Na základě získaných výsledků doporučte nejvhodnější způsob tepelného zpracování vybraných soustružnických nožů.



Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva v rozsahu 25 - 40 stran
- přílohy


Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):


- [ 1 ] Ptáček, L. a kolektiv: Nauka o materiálu I, Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2003
- [ 2 ] ASM Handbook. Vol. 4, Heat treating. Materials Park : ASM International, 1997. ISBN 0-87170-379-3

Vedoucí bakalářské práce:  
Konzultant bakalářské práce:

Ing. Adam Hotař, Ph.D.  
Bc. Jaroslav Buriánek



  
prof. Ing. Petr LOUDA, CSc.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Miroslav MALÝ, CSc.  
děkan

V Liberci dne 11.02.2013

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

## **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 22.05.2013

.....

Podpis

## **Poděkování**

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Adamu Hotařovi, Ph.D, zaměstnancům firmy KARNED TOOLS s.r.o. Ing. Stanislavu Melicharovi a Bc. Jaroslavu Buriánkovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Také děkuji své rodině a svým blízkým, kteří mě vždy podporovali při mém studiu a zejména při psaní bakalářské práce.

## **ANOTACE**

Cílem bakalářské práce je porovnat vlivy tepelného zpracování na deformace vnitřních soustružnických nožů vyráběných ve firmě Karned Tools s.r.o. Úvod práce seznamuje s teorií o tepelném zpracování ocelí se zaměřením na nerovnovážné tepelné zpracování - kalení a problematikou následků tepelného zpracování. V experimentální části je porovnán vliv současného tepelného zpracování nožů a nové technologie tepelného zpracování na vznik deformací. Bylo provedeno měření a porovnávání deformací, měření tvrdosti a strukturní šetření. K tomu byl ještě porovnán vliv stávající technologie soustružení polotovarů s nově navrhnutou technologií souosého soustružení.

### **Klíčová slova**

VNITŘNÍ SOUSTRUŽNICKÝ NŮŽ, TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ, KALENÍ, SOUSTRUŽENÍ, ROVNÁNÍ, MĚŘENÍ

## **ABSTRACT**

The purpose of this bachelor thesis is to compare the effects of heat treatment on the deformation of internal turning tools manufactured by the company Karned Tools Ltd. The beginning of this thesis introduces the theory of heat treatment of steel with a focus on non-equilibrium heat treatment - hardening and the issue of the effects of heat treatment. The effect of current state of the heat treatment blade is compared with the new heat treatment in the experimental section technology on the formation of deformation. The measuring and comparing of deformation, measurement of hardness and structural investigation was performed. The results were compared to existing turning blanks technology with newly introduced concentric turning technologies.

### **Key words**

INTERNAL TOOL LATHE, HEAT TREATMENT, HARDENING, TURNING, STRAIGHTENING, MEASUREMENT

## OBSAH

<b>1 Úvod</b>	8
<b>2 Teoretická část</b>	8
2.1 Tepelné zpracování	8
2.2 Nerovnovážné tepelné zpracování – kalení	9
2.3 Austenitizace	9
2.4 Martenzitická přeměna	11
2.5 Bainitická přeměna	13
2.6 Praktické kalení a kalící média	15
2.7 Popouštění	19
2.8 Pnutí a deformace při tepelném zpracování	20
<b>3 Experimentální část</b>	21
3.1 Současný stav tepelného zpracování soustružnických nožů	21
3.2 Popis experimentu	25
3.3 Měření deformací experimentu	29
3.4 Diskuse	32
<b>4 Závěr</b>	36
<b>5 Seznam použitých zdrojů</b>	37
5.1 Seznam použitých zkratk a symbolů	38
5.2 Seznam obrázků	39
5.3 Seznam tabulek	40
5.4 Seznam grafů	40
<b>6 Seznam příloh</b>	41

# 1 ÚVOD

Změny rozměrů a deformace tvarů součástí jsou jedním z negativních následků tepelného zpracování součástí. Tyto změny představují zvýšení nákladů především ve formě rovnacích operací. Proto je v současné době snaha o minimalizaci deformací, což představuje úsporu mzdových nákladů a urychlení zakázek. Má bakalářská práce se zabývá porovnáním vlivů tepelného zpracování na deformace vnitřních soustružnických nožů vyráběné ve firmě Karned Tools s.r.o.

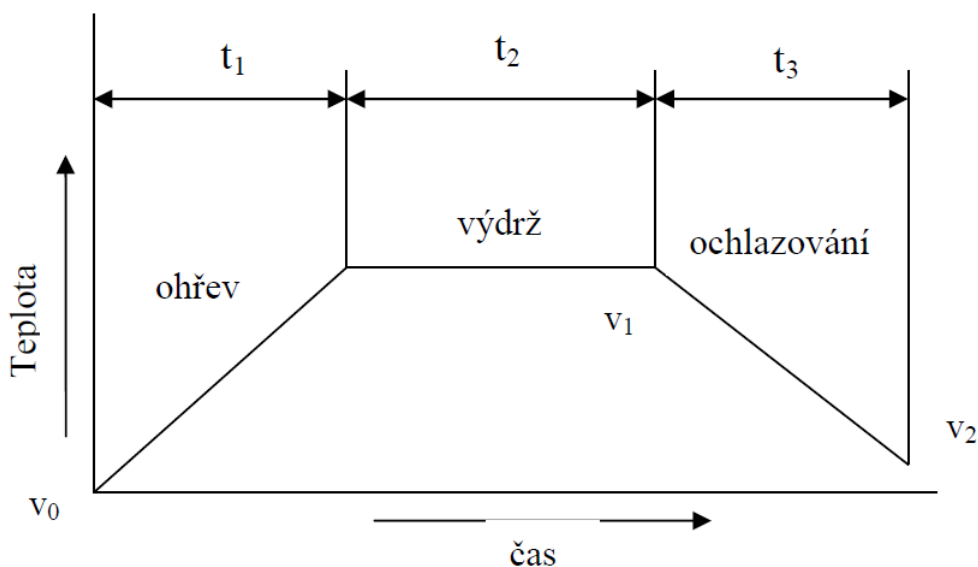
Jedna skupina soustružnických nožů byla kalena ve svislé poloze do oleje a druhá v závěsu do solné lázně. Poté bylo provedeno měření házivosti od osy nože.

Navíc byl porovnán vliv stávající technologie excentrického soustružení polotovarů (šikmá „vlákna“ v materiálu oproti ose nože) a technologie souosého soustružení („vlákna“ v materiálu rovnoběžná s osou stopky nože) na vznik deformací v průběhu tepelného zpracování.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Základem tepelného zpracování jsou procesy nebo kombinace procesů, při nichž se ocel v tuhém stavu ohřívá na předepsanou teplotu, následuje výdrž na teplotě a pak ochlazení definovanou rychlostí (**obr. 1**) tak, aby se dosáhlo požadovaných vlastností.



**Obr. 1** Průběh tepelného zpracování [5]



Podle rychlosti ochlazování rozlišujeme tepelné zpracování rovnovážné (žihání) a nerovnovážné (kalení). Žihání je charakteristické velmi pomalým ochlazováním a strukturní přeměny se řídí binárním rovnovážným diagramem Fe-Fe<sub>3</sub>C (**obr. 2**). Cílem žihání je zlepšit technologické vlastnosti, homogenitu materiálu, snižování vnitřního pnutí a připravit materiál na další TZ. Ocelové polotovary jsou často dodávány vyžehané na měkko hlavně pro zlepšení obrobitelnosti, s minimálním vnitřním pnutím a „sbalenými“ karbidy Fe<sub>3</sub>C. [1]

## 2.2 NEROVNOVÁŽNÉ TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ – KALENÍ

Kalení je tepelné zpracování spojené se vznikem nerovnovážné struktury a to pro zlepšení určitých mechanických vlastností. Kalením se dosahuje u součástí vysoké tvrdosti a odolnosti proti opotřebení. Tyto vlastnosti jsou spojeny se vznikem nerovnovážné struktury martenzitu (anizotermické kalení) a popř. bainitu (izotermické kalení). Současně se vznikem nové mikrostruktury se zvětší mírně i její objem důsledkem změny krystalické mřížky železa. To způsobuje problémy hlavně při kalení velkých součástí: deformace tvaru, velké vnitřní pnutí, nebezpečí trhlin, až prasknutí součástí. Výsledné vlastnosti ovlivňuje také velikost martenzitických jehlic. Jemnozrnnost, respekt. hrubozrnnost martenzitických jehlic je závislá na kalicí teplotě, rychlosti ochlazování, ale závisí i na dalších faktorech (legury v oceli atd.). Kalicí teplota je závislá na obsahu uhlíku a legur. Pro uhlíkové oceli (bez legur) se dá vyčíst z diagramu Fe-Fe<sub>3</sub>C (**obr. 2**). Kalení je, ale například zakázáno u ocelových součástek a strojních dílů, které by při nečekaném prasknutí mohly způsobit úraz. Například pro kované háky u zvedacích zařízení platí zásada, že při nadměrném přetížení se musí hák natahovat a tím varuje obsluhu. [1]

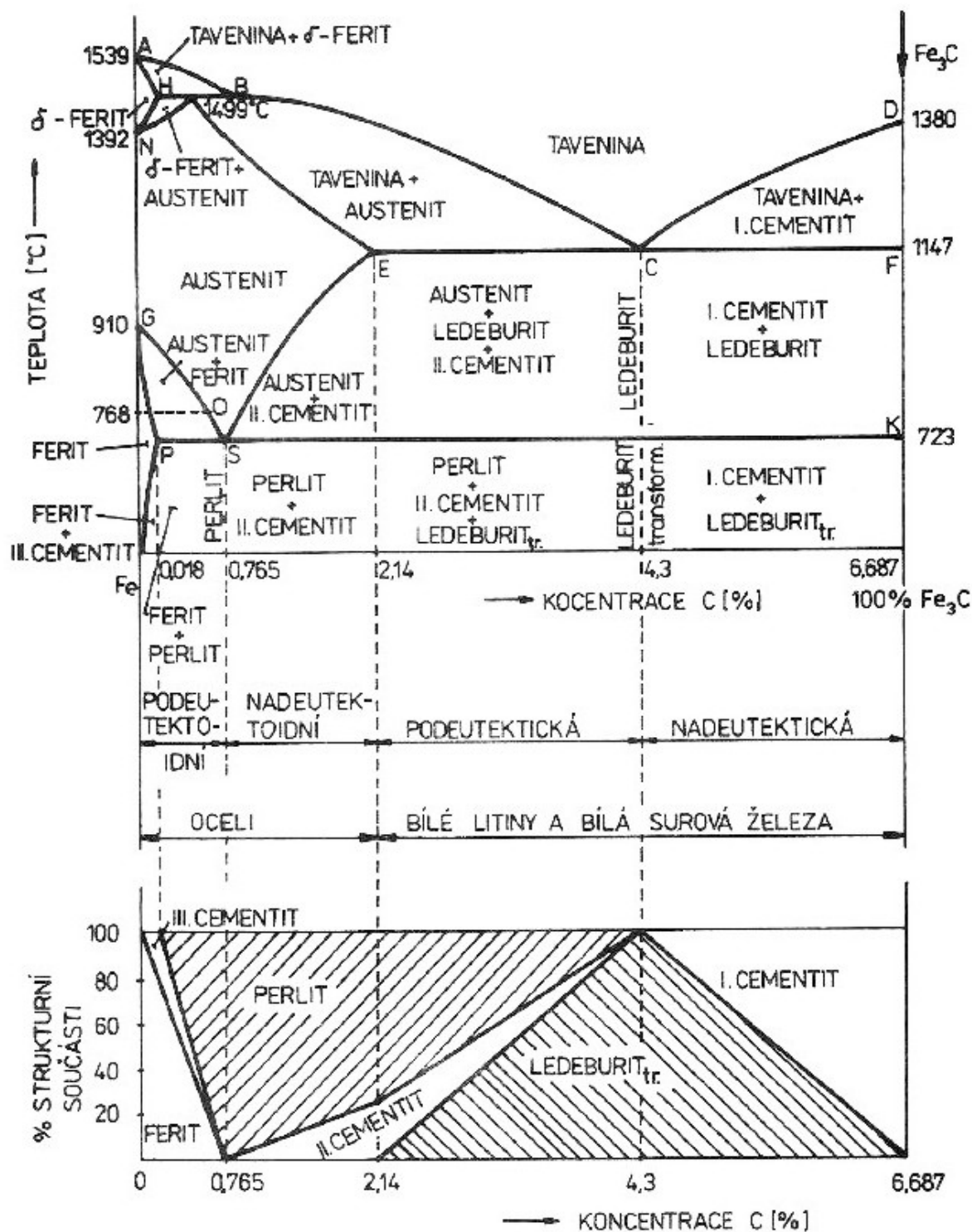
## 2.3 AUSTENITIZACE

Základní proces především před nerovnovážným tepelným zpracováním ocelí je austenitizace, tj. ohřev nad tzv. austenitizační teplotu, při které se mění feriticko-cementitická struktura na strukturu austenitickou. V průběhu austenitizace jsou důležité dva pochody a to tvorba a homogenizace austenitu a následný růst austenitického zrna. Za rovnovážných podmínek probíhá přeměna feriticko-cementitické struktury na austenit v rozmezí teplot A<sub>c1</sub> (eutektoidní oceli), A<sub>c1</sub> až A<sub>c3</sub> (podeutektoidní oceli), nebo A<sub>c1</sub> až A<sub>cm</sub> (nadeutektoidní oceli) viz **obr. 2**. Austenitizace začíná přeměnou perlitu na austenit a následně přeměnou feritu v austenit při zvyšování teploty nad A<sub>c1</sub> (**obr. 3**). Jedná se o difuzní přeměnu, při které se tvoří zárodky austenitu s postupným růstem. Po přeměně perlitu zůstávají v austenitu zbytky karbidů, které se postupně rozpouštějí. Průběh austenitizace je ovlivňován nejen teplotou a rychlostí ohřevu, ale i výchozí strukturou a složením oceli.

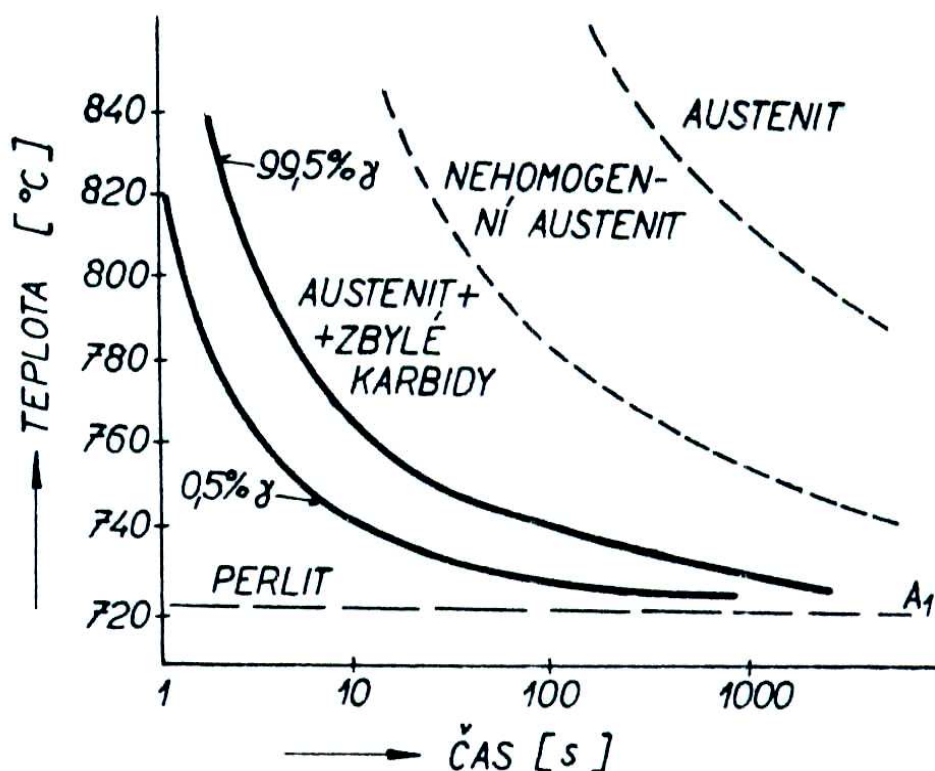
U eutektoidní oceli vznikají při dosažení teploty A<sub>c1</sub> austenitická zrna na zárodcích z lamel perlitického feritu a cementitu, přičemž se cementit rozpouští ve vzniklém austenitu druhotně. Na **obr. 3** je znázorněn průběh rekrystalizace této oceli v závislosti na teplotě a čase.

U podeutektoidní oceli dochází nejprve k přeměně perlitu na nehomogenní austenit a teprve pak následuje přeměna feritu na austenit. Zde je zapotřebí překročení teploty A<sub>c3</sub> nebo dostatečně dlouhá výdrž na teplotě, aby vznikl homogenní austenit (**obr. 2**).

U nadeutektoidní oceli je průběh přeměny obdobný jako u podeutektoidní, s tím rozdílem, že teplota  $A_{c3}$  je nahrazena teplotou  $A_{cm}$  a ferit sekundárním cementitem (**obr. 2**) [1].



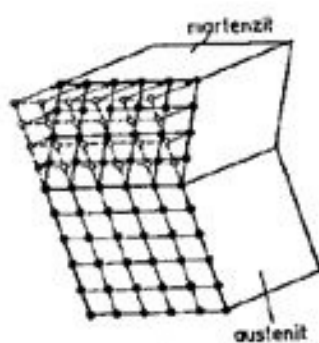
**Obr. 2** Binární rovnovážný diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C [5]



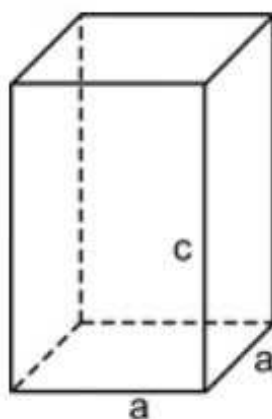
**Obr. 3** Austenit. diagram eutektoidní uhlíkové oceli se strukturou lamelárního perlitu [5]

## 2.4 MARTENZITICKÁ PŘEMĚNA

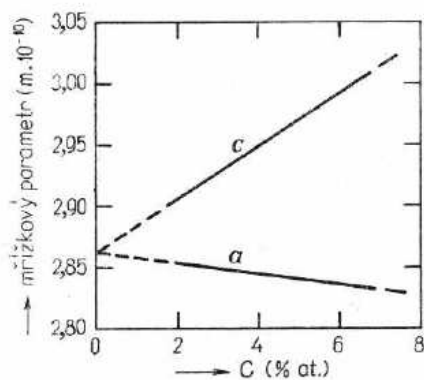
Martenzitická přeměna probíhá bezdifúzně – stříhovým mechanismem (**obr. 4**). Nastává při dostatečně rychlém ochlazení z austenizační teploty a překročení teploty pod teplotu  $M_s$  (martenzit start) a je ukončena teplotou  $M_f$  (martenzit finiš). Martenzit se vyznačuje tetragonální prostorově středěnou mřížkou (**obr. 5**). Konstanty  $a, c$  mřížky martenzitu závisí na obsahu uhlíku v martenzitu, což je patrné na **obr. 6**. Metalograficky martenzit má jehlicovitou strukturu. Při martenzitické přeměně se všechen austenit nepřemění v martenzit a ve struktuře oceli zůstává tzv. zbytkový austenit. Podíl zbytkového austenitu se snižuje popouštěním, a nebo zmrazením, které je požadováno např. u speciálních nástrojů, kdy by pozdější rozpad zbytkového austenitu mohl vnést do struktury nežádoucí pnutí a deformace. Jeho podíl závisí na obsahu uhlíku (**obr. 7**) a některých legujících prvků, rychlosti ochlazení, popřípadě prodlevě v intervalu  $M_s - M_f$ . Na **obr. 8** je znázorněna tzv. kritická rychlost, kde se austenit transformuje pouze na martenzit s jistým podílem zbytkového austenitu. [2]



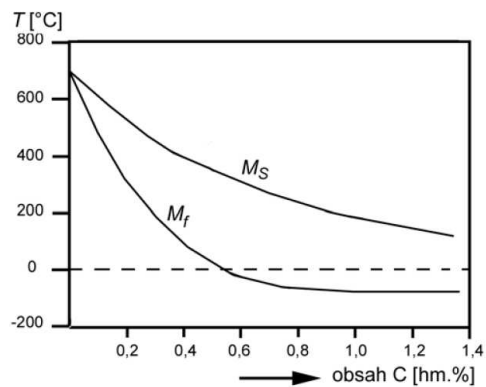
**Obr. 4** Schéma mechanismu přestavby mřížky austenitu v mřížku martenzitu [1]



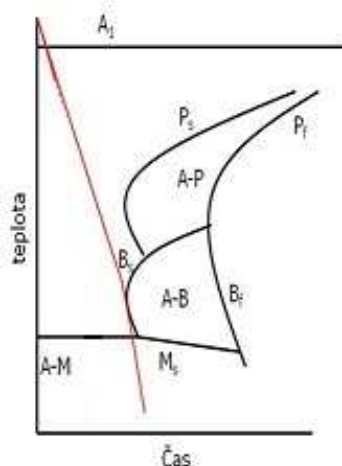
**Obr. 5** Tetragonální prostorově středěná mřížka [1]



**Obr. 6** Závislost konstant  $a$ ;  $c$  tetragonální mřížky martenzitu na obsahu uhlíku [1]



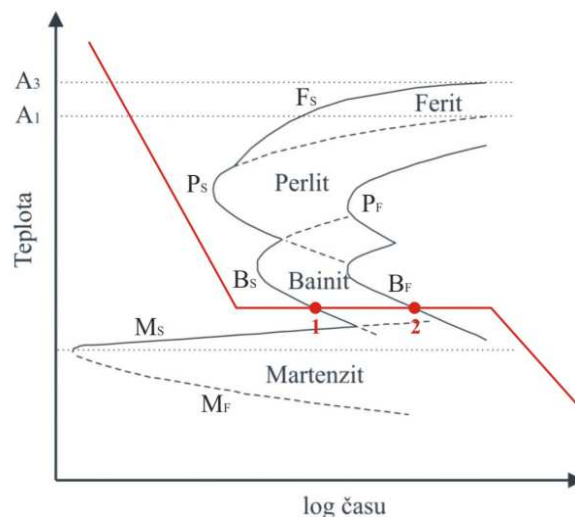
**Obr. 7** Závislost teplot  $M_s$  a  $M_f$  na obsahu uhlíku v uhlíkových ocelích před kalením [1]



**Obr. 8** Rychlost ochlazování v ARA diagramu  
-transformace austenitu na martenzit [4]

## 2.5 BAINITICKÁ PŘEMĚNA

Bainitická přeměna je charakteristická částečnou difúzí, která se omezuje pouze na uhlík. K bainitické přeměně dochází mezi teplotami cca 550°C a  $M_s$  (**obr. 9**). Vznikající bainitická struktura má oproti martenzitické nižší tvrdost, ale vyšší houževnatost. Například při izotermickém zušlechťování vzniklá bainitická struktura má požadované vlastnosti, proto po zakalení není nutné popouštění.



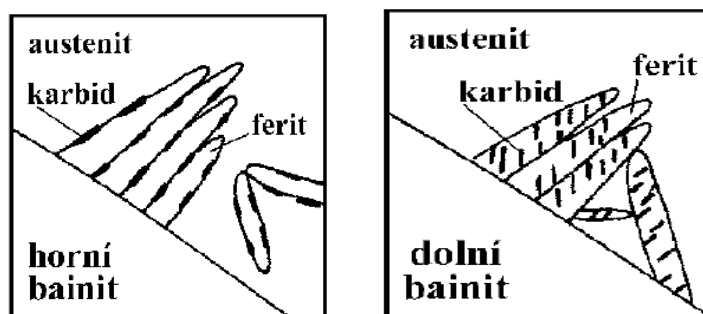
**Obr. 9** Průběh rychlosti ochlazování IRA diagram -transformace austenitu na bainit [5]

Bainitická přeměna se vyznačuje také tím, že při nižších teplotách skončí po určité době, i když zůstane určitý podíl austenitu nepřeměněn. Jde o tzv. zbytkový austenit, který vzhledem ke své menší pevnosti snižuje pevnost vzniklého bainitu.

Protože se s teplotou přeměny mění struktura bainitu, rozeznáváme následující dva druhy (**obr. 10**):

Horní bainit – (0,6%C nad 350°C) zárodky rostou ve tvaru jehlic od hranic austenitického zrna podél určitých rovin austenitu. Jsou obohaceny uhlíkem a na mezifázovém rozhraní precipitují částice cementitu. Vznikne tak struktura svazků hrubších jehlic bainitického feritu s podélně uspořádanými částicemi cementitu na jejich povrchu.

Dolní bainit – (pod 350°C do  $M_s$ ) strukturu tvoří tenké desky bainitického feritu vyrůstající podél krystalografických rovin převážně od hranic austenitu, jsou více přesyceny uhlíkem. Uvnitř desek bainitu dochází k precipitaci jemných karbidů v určitých krystalografických rovinách. [2]

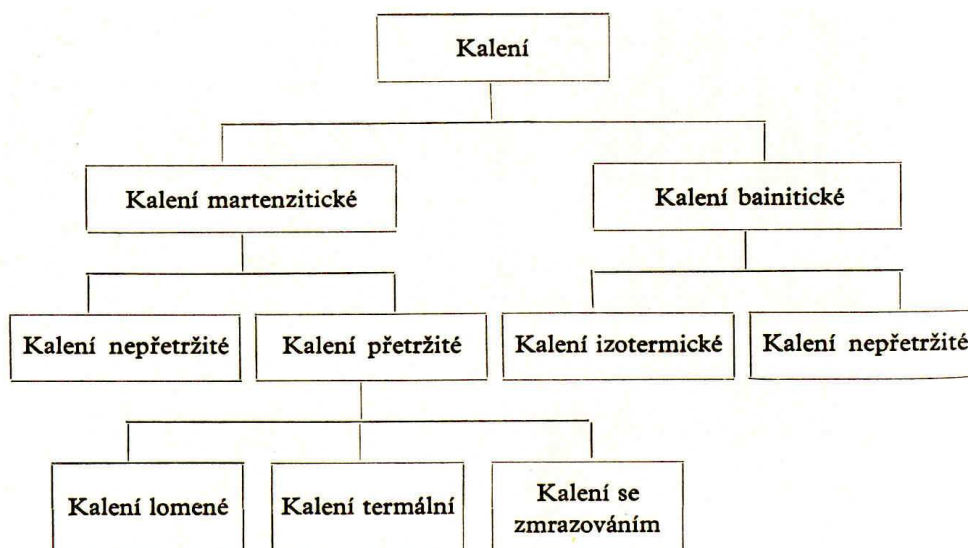


**Obr. 10** Struktura horního a dolního bainitu [1]

## 2.6 PRAKTICKÉ KALENÍ-KALÍCÍ PROSTŘEDÍ

Volba způsobu kalení (**tab. 1**) je závislá zejména na požadovaných vlastnostech kalené součásti, její velikosti, tvaru a na druhu použité oceli. Při plynulém ochlazování jsou součásti kaleny (ochlazovány) v prostředí o pokojové teplotě (studená lázeň). Při přetržitém kalení se používá buď dvou prostředí o pokojové teplotě, kde ochlazovací intenzita je rozdílná a nebo teplé lázně.

**Tab. 1** Přehled způsobů kalení oceli [5]



### KALENÍ MARTENZITICKÉ

#### NEŘETRŽITÉ KALENÍ

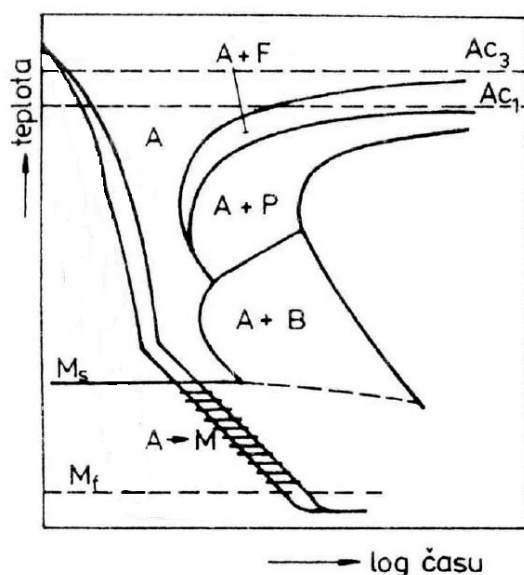
Jedná se o běžný postup po austenitizaci (ohřev nad  $A_{c3}$  či  $A_{c1}$ ) a výdrži na kalící teplotě. Následuje vložení do kalícího prostředí (voda, olej, vzduch), jehož teplota je nižší než teplota počátku martenzitické přeměny (**obr. 8**). Po vychladnutí předmětu v kalícím prostředí následuje popouštění.

#### PŘETRŽITÉ KALENÍ

##### Lomené kalení

Probíhá tak, že se ochlazuje ve dvou studených lázních po sobě. Předmět se vyjme z první lázně po takové době, aby jeho teplota byla o něco vyšší než teplota  $M_s$  dané oceli a dochladí se v druhé lázni s menším ochlazovacím účinkem právě v oblasti martenzitické přeměny (**obr. 11**). Například se předmět ochladí prudce ve vodě nad teplotu  $M_s$  a pak se dochladí v oleji. To má za následek zmenšení vnitřního pnutí při nepřetržitém kalení do vody.

Lomeného kalení je využito při kalení složitých předmětů z ocelí kalitelných do vody.

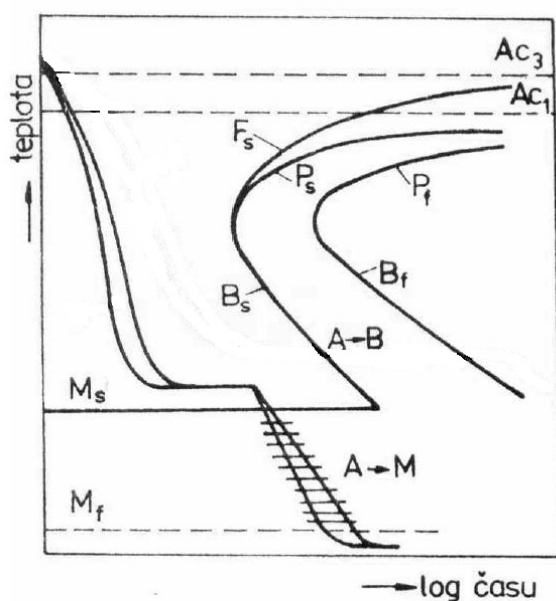


**Obr. 11** Lomené kalení [3]

### Termální kalení

Snižuje pnutí a deformace v kaleném předmětu. Předmět ohřátý na austenitizační teplotu se ochladí v solné lázni o teplotě těsně nad teplotu počátku martenzitické přeměny dané oceli asi 20 až 30°C nad  $M_s$  (**obr. 12**). Na teplotě předmět setrvá tak dlouhou, aby došlo k vyrovnání teplot v jádře a na povrchu předmětu při zachování austenitického stavu. Po vyrovnání teplot se předmět vyjme ještě v austenitickém stavu z lázně a ochlazuje se dále na vzduchu. Martenzitická přeměna pak probíhá při pomalé ochlazovací rychlosti - vnitřní pnutí je podstatně menší než při kalení do studené lázně.

Termální kalení je vhodné pro kalení tvarově složitých součástí a nástrojů z nelegovaných a nízko-legovaných ocelí určených pro kalení do vody.



**Obr. 12** Termální kalení [3]



### Kalení se zmrazováním

Používá se u ocelí s  $M_f$  pod  $0^\circ\text{C}$ . Zmrazení následuje ihned po kalení pro minimalizaci zbytkového austenitu. Tento způsob kalení se používá hlavně pro nadeutektické oceli. Využívá se v případech, kde je požadavkem stabilizace rozměrů součásti (měřidla, valivá ložiska).

## KALENÍ BAINITICKÉ

Bainitické struktury případně bainit s martenzitem lze dosáhnout plynulým a dostatečně rychlým ochlazováním tak, abychom protlnuli oblast bainitické přeměny. Po bainitickém kalení následuje popouštění. Bainitickou strukturu lze také získat izotermickou přeměnou tzv. izotermické zúšlechťování (izotermické kalení).

### Kalení izotermické

Kalícím prostředím jsou solné lázně. Po izotermickém kalení  $500^\circ\text{C}$  (**obr. 9**) se již nepopouští, protože bainit má nejenom dostatečnou pevnost a tvrdost, ale i houževnatost.

## KALENÍ – ZÁKLADNÍ POJMY

Aby bylo možné ocel účinně zakalit, tzn. získat kalením vysokou tvrdost, musí být kalitelná. U mnoha součástí, zvláště konstrukčních ocelí je důležitá nejen tvrdost po kalení, ale i hloubka zakalení, resp. možnost zakalení součásti v celém průřezu. Tento jev je popsán jednotlivými pojmy: Kalitelnost je schopnost materiálu dosáhnout nerovnovážného stavu. Je zásadně ovlivněna obsahem uhlíku. Jako kalitelné jsou označovány oceli s obsahem uhlíku nad 0,35 %, kdy lze již zaručit vznik zákalné struktury. U legovaných ocelí se obsah uhlíku potřebný k zakalení mírně snižuje a to díky přísadám legujících prvků v oceli.

Prokalitelnost (50% martenzitu v ose) je schopnost oceli dosáhnout tvrdosti, odpovídající její kalitelnosti v určité hloubce pod povrchem kalené součásti. Lze ji jednoduše ověřit Jominiho čelní zkouškou prokalitelnosti.

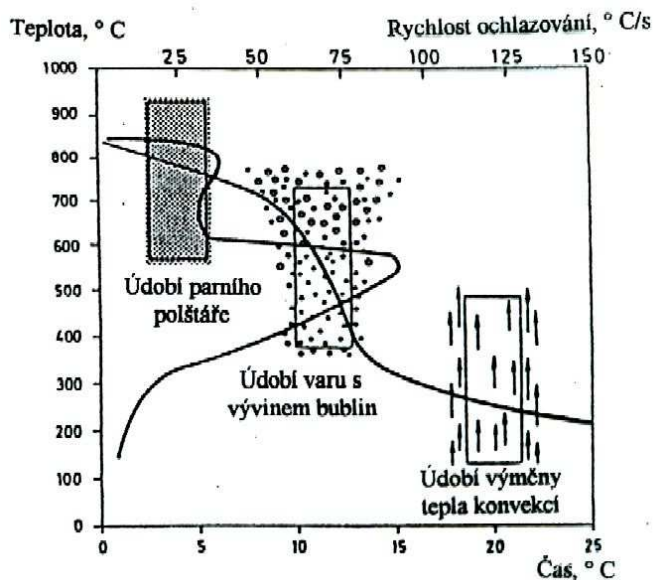
Zakalitelnost je nejvyšší dosažitelná tvrdost oceli, která je dána především tvrdostí martenzitu (která je ovlivněna obsahem uhlíku v oceli, se zvyšujícím se obsahem tvrdost martenzitu stoupá) [5].

Základní obecné pravidlo u uhlíkových ocelí je, že čím má ocel méně uhlíku, tím rychleji musí být pro dosažení vyšší tvrdosti ochlazená. S přibývajícím uhlíkem a legurami se potřebná rychlost chlazení obecně snižuje a nejpomalejší nutná je u vysoce legovaných ocelí (hlavně vliv Ni – nad 4% Ni jsou už „na vzduchu“ kalitelné). Při kalení potřebujeme ocel ochlazovat kritickou rychlostí, pro dosažení teploty  $M_s$  a v závislosti na chemickém složení oceli (určuje prokalitelnost) se tudíž volí kalící prostředí.

## KALÍCÍ PROSTŘEDÍ

Účinnost kalicího prostředí závisí především na tepelné vodivosti, měrném a výparném teple a na viskozitě. Pokud se prostředí při kalení odpařuje (voda, olej), pak je nutno porušit tvořící se "parní polštář" relativním pohybem součástí vůči prostředí. Účinnosti nejčastěji používaných kalicích prostředí jako jsou voda, vzduch, solná a kovová lázeň, dusík jsou popsány dále.

**Voda** je nenáročné a levné kalicí prostředí. Má velmi intenzivní kalicí účinek, dosahuje se zde nadkritických rychlostí ochlazování i u uhlíkových ocelí. Během ochlazování součásti ve vodní lázni dochází k vytvoření tzv. parního polštáře na povrchu kalené součásti, který značně omezuje účinnost ochlazování. Dobu, po kterou je parní polštář stabilní nazýváme jako 1. údobí ochlazování. Po dostatečném ochlazení se parní polštář zhroutí. Nastane přímý kontakt lázně s povrchem kalené součásti. Na povrchu součásti se velmi intenzivně vyvíjejí parní bubliny, které odvádějí velké množství tepla, tudíž dochází ke značně rychlému ochlazování. To je 2. údobí ochlazování označené jako údobí varu. Při poklesu teploty povrchu na teplotu varu lázně vývoj parních bublin ustává. Začíná 3. údobí ochlazování - vedením a prouděním (**obr. 13**). Nevýhodou tohoto kalicího prostředí je vznik velkých pnutí v zakalené součásti.



**Obr. 13** Průběh ochlazování při kalení do vody [3]

Mírnější kalicí (ochlazovací) prostředí je **olej** (10x menší rychlost než voda). Ochlazování v nich probíhá podobně jako u vody, jen s tím rozdílem, že se parní film dříve poruší a maxima ochlazovacích rychlostí leží kolem 500°C. Používá se většinou pro nízkolegované oceli a reprodukovatelnost dosažených hodnot TZ bývá problematická. Za provozu olej stárne, proto se filtruje či vyměňuje. Dnes je k dispozici mnoho druhů olejů ke kalení a nízkoteplotní oleje již výrazně snižují deformace po kalení. Převážně se užívá minerálních olejů, zejména pro jejich tekutost (viskozitu). Nejmnějším kalicím prostředím vůbec je **vzduch**. Vzduchem se kalí pouze samokalitelné oceli tř. 16 (od 4% Ni) resp. 19, pro případné zvýšení účinku se vzduch dmýchá pod tlakem. Dalším médiem jsou roztavené **solné lázně**. Jedná se o plynulé ochlazování, při kterém se dosáhne nejmenšího vnitřního pnutí. Jako sole pro tepelné zpracování ocelí se používá sodné a draselné chloridy, dusičnany, dusitany. Procentní podíl chloridu barnatého v lázni se zvyšuje s narůstajícími teplot-

ními požadavky. Speciální solné lázně se používají k izotermickému kalení (bainitická struktura bez nutnosti následného popouštění). V některých případech používáme roztavené **kovové lázně**, které mají podobné vlastnosti jako solné lázně (patentování drátu).

Rozvojem kalení ve vakuových pecích, kdy nedochází k ovlivňování povrchu obrobku při ohřevu (okujení, ztmavnutí) se k zachování čistého obrobku používá ochlazování tlakovým **dušikem** (dnes 12 atm.). Často jsou dosaženy vyšší tvrdosti než u dřívějšího kalení do oleje. [1]

## 2.7 POPOUŠTĚNÍ

Po kalení vždy následuje popouštění tzv. ohřev součásti na teploty mezi přibližně 100 – 650°C, během něhož se vhodným ohřevem a dostatečnou výdrží na teplotě ovlivňují vlastnosti ocelí, zejména se odstraňuje vnitřní pnutí a klesá tvrdost. Provádí se nejčastěji v popouštěcích pecích. Opět vzhledem k povrchu výrobků po kalení se volí typ pece bez a nebo s ochrannou atmosférou. Při popouštění kalené oceli probíhá vlivem teplot několik charakteristických dějů:

Při teplotách 80 – 180°C - dojde uvnitř jehlic k vyloučení (precipitaci) uhlíku v podobě přechodných fází (karbidů). Toto stadium martenzitu nazýváme kubickým martenzitem.

Mezi teplotami 180 – 300°C - se rozpadá zbytkový austenit na bainit.

Současně v teplotním rozmezí 200 – 400°C - dochází k úplnému rozpadu martenzitu na ferit a cementit ve velmi jemné formě.

Nad teplotou 400°C až do 650°C - se postupně cementitové kulovité částice zvětšují a mizí jehlicovitý charakter struktury. Výsledkem je jemná struktura s kuličkovitým cementitem v základní feritické hmotě, která se nazývá sorbit. Tato struktura se vyznačuje pevností a vysokou houževnatostí. Tepelné zpracování, které se skládá z kalení a popouštění na vysoké teploty (nejčastěji nad 500°C) se nazývá zušlechťování.

Při zvyšování popouštěcí teploty nemusí docházet ke zvyšování houževnatosti zakalené oceli. Jsou dvě oblasti popouštěcích teplot, při nichž dochází k poklesu houževnatosti, tzv. popouštěcí křehkost.

Popouštěcí křehkost vyskytující se v oblasti teplot 260 – 320°C souvisí s přeměnou zbytkového austenitu a nelze ji potlačit ani rychlým ochlazením z popouštěcí teploty a proto je nevratná - trvalá. Naproti tomu popouštěcí křehkost vznikající při popouštění na teploty 450 – 600°C souvisí se seskupováním rozpuštěných atomů v oblasti hranic zrn předchozího austenitu spíše než se vznikem a růstem nové fáze.

Výsledkem popouštění je jemná struktura s kuličkovitým cementitem v základní feritické hmotě a označujeme ji názvem sorbit. [1]

## 2.8 PNUTÍ A DEFORMACE PŘI TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ

V praxi se setkáváme s řadou případů, kdy ve výrobku vznikají vnitřní napětí-pnutí, někdy tak značná, že může dojít ke vzniku mikrotrhlin, jindy, je-li úroveň pnutí srovnatelná s pevností i k porušení celého výrobku. Při ochlazování i při ohřevu v kalených výrobcích vnitřní pnutí a tím vznik deformací závisí především na:

- druhu a vlastnostech oceli
- podmínkách austenitizace
- podmínkách kalení
- velikosti a tvaru výrobku

Vedle těchto parametrů na výsledné rozložení pnutí mají vliv i technologické operace např. obrábění.

Z hlediska časového působení vnitřních pnutí rozeznáváme:

Dočasná vnitřní pnutí: pokud trvá příčina, která je vyvolala. Příčinou nejčastěji bývá nerovnoměrné teplotní pole mezi povrchovými a vnitřními partiemi výrobku.

Zbytková vnitřní pnutí: je jedním z mnoha druhů vnitřních pnutí, vznikajících v důsledku nehomogenní deformace a můžeme je obecně definovat jako víceosé napětí, působící ve výrobku po velmi dlouhou dobu a to i přesto, že všechny jeho součásti mají stejnou teplotu a na výrobek nepůsobí žádné vnější síly.

Podle příčin jejich vzniku se zbytková pnutí dělí na:

Tepečná - je vyvolaná rozdílnými teplotními koeficienty roztažnosti jednotlivých částí výrobku nebo strukturních složek.

Deformační - např. při obrábění, kdy jsou povrchové vrstvy deformovány intenzivněji než vnitřní části výrobku. Po odstranění vnějších tlakových sil vzniká na povrchu tahové a uvnitř tlakové pnutí.

Strukturní - vzniká nehomogenní strukturální transformací, která je doprovázena objemovými změnami (např. transformace austenitu na ferit nebo objemově rozdílnější transformace austenitu na martenzit).

Vnitřní pnutí se dále rozděluje podle velikosti objemů, v nichž působí na:

Makropnutí - vznikají v každém ohříváném nebo ochlazovaném výrobku (bez ohledu na průběh fázových přeměn) v důsledku nerovnoměrnosti jak vnějšího, tak i vnitřního přenosu tepla. U plastických ocelí se toto makropnutí snižuje postupnou plastickou deformací.

Mikropnutí - působí v oblastech srovnatelných s velikostí zrna nebo několika subzrn. Vznikají fázovou transformací nebo deformací kovu, když různá zrna či subzrna vykazují rozdílné elastické napěťové stavy.

Submikroskopická - tato nehomogenní pnutí jsou důsledkem zkroucení mřížky při rozměrech od zlomku nanometru do hodnoty mřížkového parametru, např. bodové mřížkové poruchy (vakance, intersticiální či substituční atomy).

Pnutí jednotlivých druhů se vzájemně ovlivňují. Např. nárůst mikropnutí může vést až ke vzniku makropnutí.

Vnější rozložení a velikosti vnitřních pnutí dochází k výskytu deformací. Nejedná se pouze o pnutí tepelná a strukturní, ale i zbytková pnutí ve výrobku před vlastním zpracováním způsobená např. tvářecí texturou, různým stupněm zpevnění povrchu při třískovém obrábění apod.

Předcházení vzniku deformací je předežívání i ovládání průběhu ohřevu na austenitizační teplotu, používáním olejových a solných lázní jak k ohřevu, tak k ochlazování z austenitizační teploty, správným vkládáním součástí do ochlazovací lázně, vhodným zavěšením nebo podepřením součástí vzhledem k poloze jeho těžiště a upínacími pomůckami.

Obvykle tvarové a rozměrové změny po tepelném zpracování se odstraňují obráběním (broušením). V některých případech se deformace odstraní rovnáním před broušením. [4]

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

#### 3.1 SOUČASNÝ STAV TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ VNITŘNÍCH SOUSTRUŽNICKÝCH NOŽŮ

( TZ, OTRYSKÁVÁNÍ, ROVNÁNÍ )

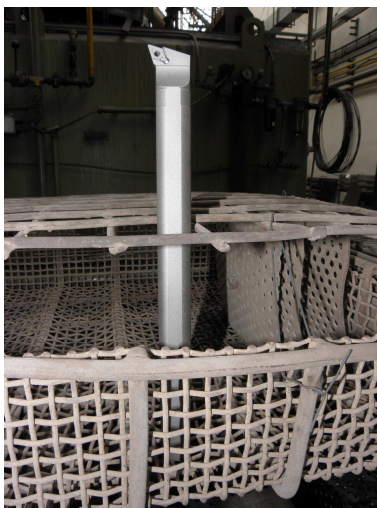
Obrobené tělo nože je tepelně zpracováno ve firmě Karned Tools s.r.o. (dále jen KT) na kalící lince ELTERMA (**obr. 14**), která byla zprovozněna v r. 1990. Nože se ohřívají na kalící teplotu 840 – 860°C a následně se kalí do oleje o teplotě 60 – 90°C. Ochlazování probíhá podle křivky 5 zakreslené v ARA diagramu pro ocel 15 260, viz **obr. 18**. Nože jsou v koši ke kalení nastaveny ve svislé poloze. Svislou polohu zajišťuje mřížka, připevněná na horním obvodu kalícího koše viz **obr. 16**. Horní mřížky mají odstupňované rozměry čtvercových ok dle kalených průměrů nožů. U malých nožů se používá i vícenásobné obsazení jednoho většího oka např. 3 ks maloprůměrových nožů (**obr. 17**). Toto uložení zabezpečuje víceméně svislou polohu při ohřevu a následném kalení. Při tomto polohování je ohřátý kus ke kalení zatěžován vlastní vahou. Tento nepříznivý vliv roste se štíhlostním poměrem tvaru nože. Navíc při přejezdu po austenitizaci v ohřevové komoře (**obr. 15**) do kalící komory dochází k otřesům koše vlivem smýkání koše po podlaze pece a částečně kvůli nerovnoměrnému chodu tažného řetězu převážecího mechanismu. Samozřejmě toto byt nedokonalé polohování kalených těles je zatíženo mnohem menšími deformacemi než v dřívějších pecích používané kalení „naležato“ (tyto pece měly malou výšku komory). Po kalení následuje popuštění v popouštěcí peci v rozmezí teplot 420 – 480°C přibližně 40 min.



**Obr. 14** Kal. linka ELTERMA



**Obr. 15** Austenitizační komora pece s dopravníkem koše



**Obr. 16** Osazení nože do oka kalící mřížky



**Obr. 17** Vícenásobné osazení oka kalící mřížky

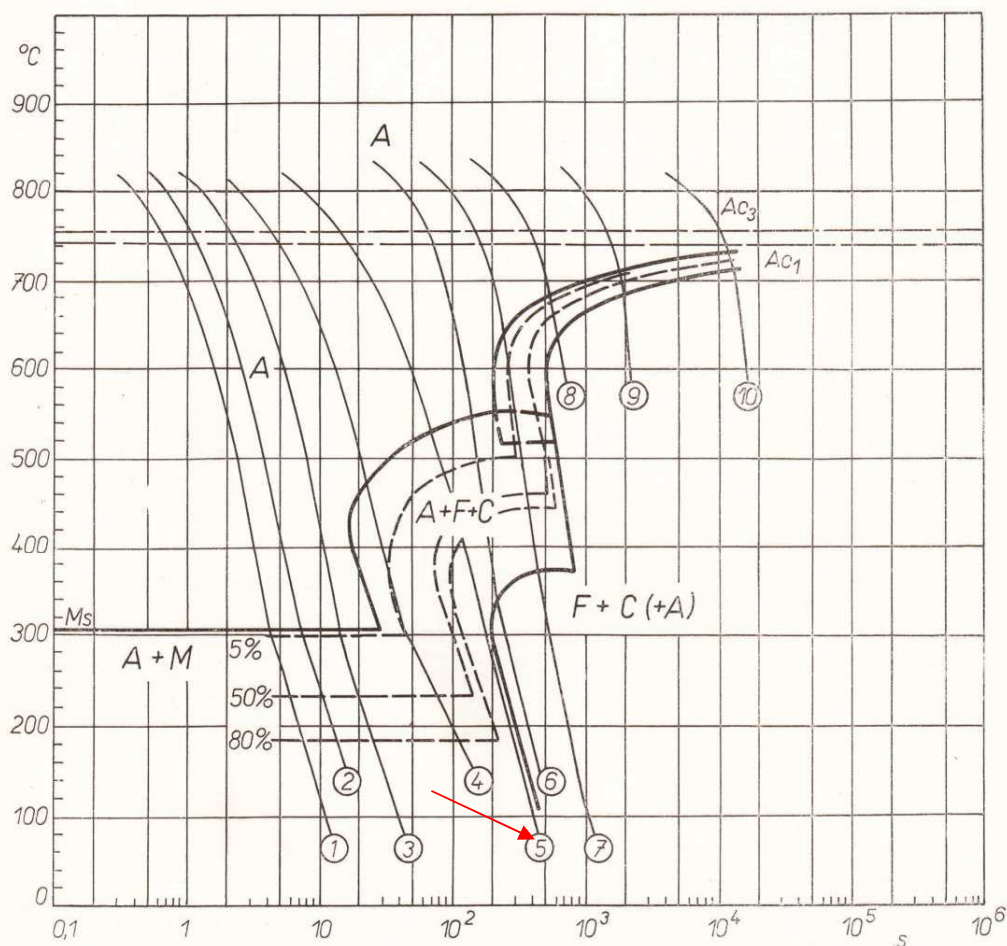
## OPERACE TRYSKÁNÍ

Částečně může mít na deformace vliv tryskání povrchu, které se provádí po kalení a popouštění na metačím tryskači. Touto operací se dosahuje jednotného vzhledu povrchu součásti a zároveň



aktivace povrchu před chemickou úpravou tzv. zásaditým černěním. Z dřívějších zkoušek ale bylo ověřeno, že z této operace jsou nové deformace tzv. nestejnoměrné otryskání povrchu o řád nižší než po kalení.

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	V	Mo	Cu
0,56	0,88	0,22	0,013	0,014	1,09	0,09	0,13	0,01	0,20



rychlost ochlazování	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
tvrdost $H_V$	822	817	760	671	467	502	444	319	263	249

austenitizace	teplota	900 °C
	doba	15 min
velikost zrna		7÷8

$Ac_3$	756±4 °C
$Ac_1$	741±4 °C
$M_s$	305±8 °C

**Obr. 18** ARA DIAGRAM - RYCHLOST OCHLAZOVÁNÍ/TVRDOST  $H_V$  [2]

## OPERACE ROVNÁNÍ PO TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ

Pro odstranění vzniklých deformací při tepelném zpracování se provádí rovnání nožů. Rovnání nožů je důležité z hlediska následující operace broušení.

Pro rovnání nožů po tepelném zpracování se používá frikční lis LF 100 (**obr. 20**). Pracovník napřed proměří na měřicí lavici (hrot – hrot, **obr. 19**) kalený nůž, označí místa max. průhybů a na délkově stavitelných podpěrách provádí rovnání na max. povolený průhyb (**obr. 21**). Frikční lis umožňuje poměrně jemnou ruční regulaci rovnací síly na beranu, úměrnou ke změřené deformaci po kalení na označených místech nože. Tato operace je samozřejmě výrazně ovlivněna zkušeností pracovníka na operaci rovnání. Postupným rovnáním a přeměřováním nože je dosažena povolená tolerance průhybu pro broušení. Snaha o odstranění rovnací operace (úspora mzdových nákladů, urychlení zakázek) přesto vedla k rozhodnutí o provedení posledních možných zkoušek ke snížení deformací po tepelném zpracování.



**Obr. 19** Měření průhybu v hrotech + beran



**Obr. 20** Lis LF 100



**Obr. 21** Stůl s výměnnými podpěrami



### 3.2 POPIS EXPERIMENTU

#### PRŮBĚH ŘEŠENÍ

Nejprve byly vytipovány vhodné druhy vnitřních soustružnických nožů vzhledem k počtu kusů a jejich prodejnosti (**obr. 22; 23; tab. 2**).



**Obr. 22** Nůž A40T PCLNR12

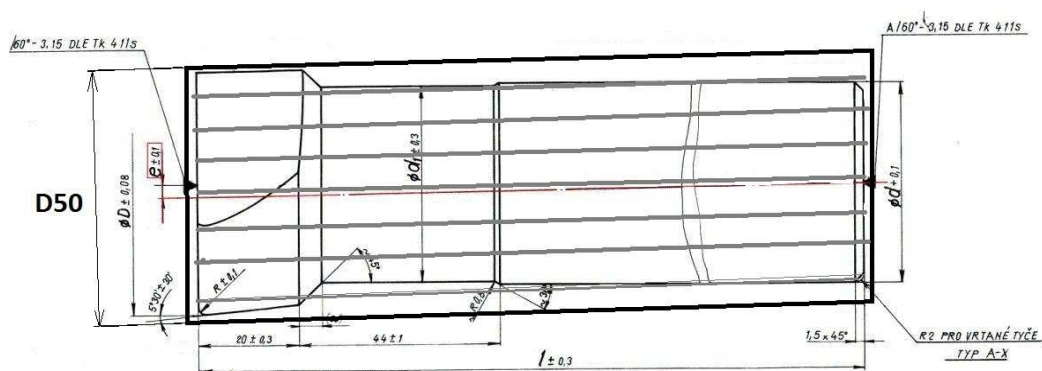


**Obr. 23** Nůž A40T PWLNR08

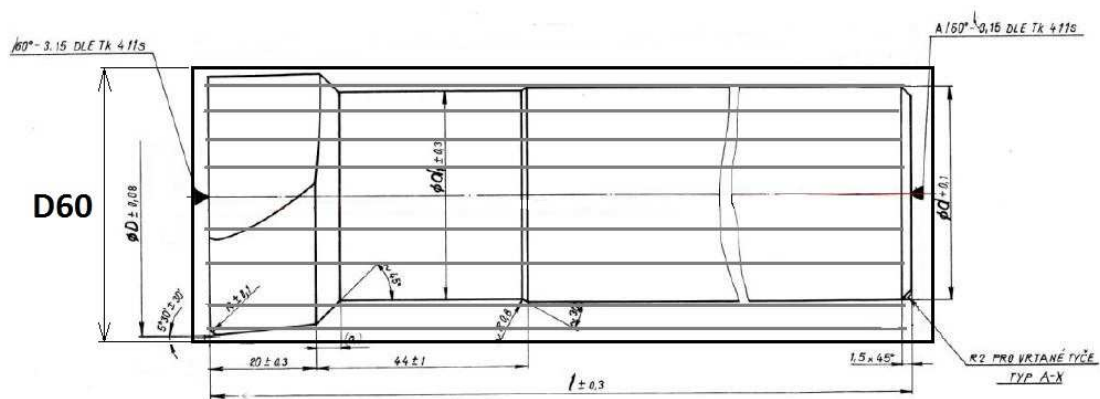
**Tab. 2** Parametry testovaných nožů

Řezný průměr D( mm)	Délka nože L(mm)	Průměr stopky d(mm)
50	300	40

Jednalo se o nože, které jsou rozměrově shodné (**tab. 2**), liší se pouze typem osazené vyměnitelné břitové destičky (dále jen VBD) a to jejím tvarem pod označením C a W. Nože byly soustruženy dvěma způsoby. Polovina nožů byla obrobena stávající technologií a to excentricky vůči ose polotovaru o  $\phi$  50 mm (**obr. 24**), druhá polovina nožů byla nově soustružena rovnoběžně s osou polotovaru o  $\phi$  60 mm (**obr. 25**).



**Obr. 24** POLOTOVAR 15 260.3 –  $\Phi$  50, excentrické soustružení - šikmá „vlákna“ v materiálu oproti ose nože



**Obr. 25** POLOTOVAR 15 260.3 –  $\Phi$  60, souosé soustružení - „vlákna“ v materiálu rovnoběžná s osou stopky nástroje

V průběhu experimentu se měřily deformace a vyhodnotily naměřené hodnoty. Dále byl proveden metalografický rozbor struktury materiálu a naměřena tvrdost po tepelném zpracování (dále jen TZ). Následně bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení sousého soustružení nožů.

## POPIS VÝROBY SOUSTR. NOŽŮ

Pro experiment bylo použito celkem 80 ks nožů, 40 ks nožů A40T PCLNR12 a 40 ks A40T PWLNR08.

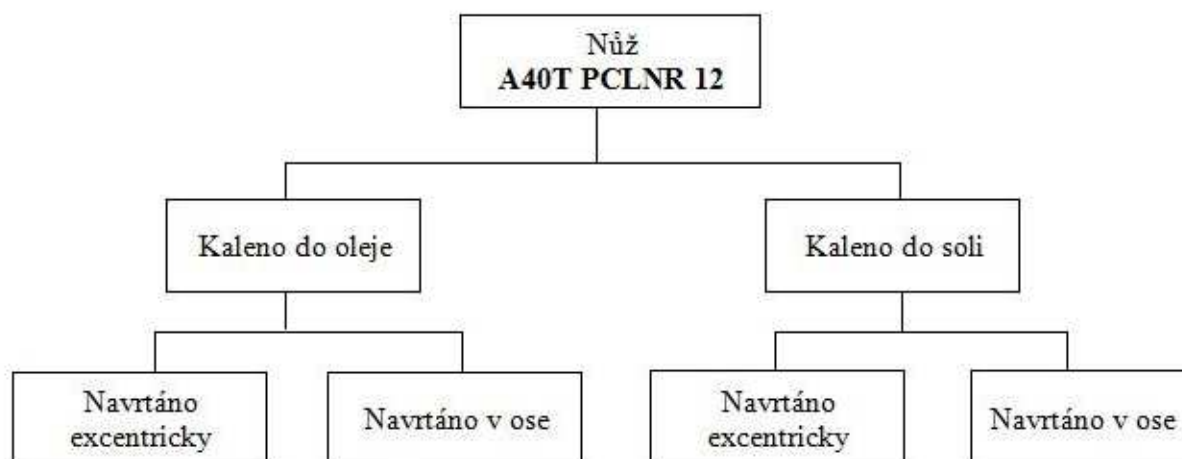
Pro výrobu nožů se používá ocel ČSN 15 260.3 ve formě tyčoviny (**tab. 3**). Jedná se o chromovanadovou ocel pro kalení v oleji s výhodným poměrem pevnostních a plastických vlastností. Je zušlechtěná na vyšší pevnost, dobrou otěruvzdornost a odolnost proti únavovým lomům. Má nižší sklon k přehřátí a zvýšenou odolnost proti popouštění. Nelze vyloučit náchylnost k popouštěcí křehkosti. Je dobře tvárná za tepla, ve stavu žíhaném na měkko je dobře obrobitelná.

Používá se pro namáhané strojní díly a součásti motorových vozidel jako hřídele, čepy, spojky, páky, poloosy, pístnice, šrouby, apod. Ocel je také vhodná pro výrobu pružin. [2]

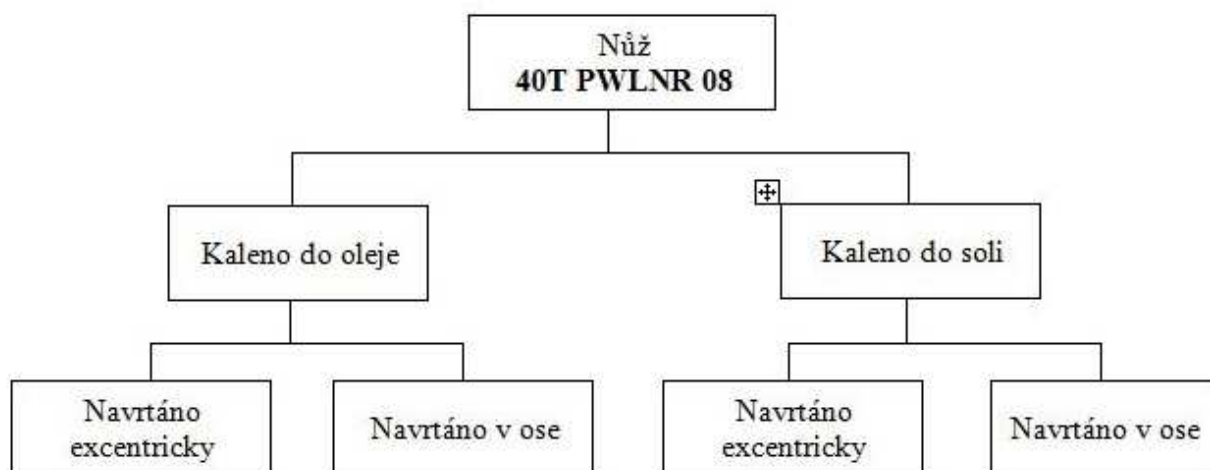
**Tab. 3** Tabulka hodnot tepelného zpracování a chemické složení oceli 15 260 [2]

Způsob	Teplota [°C]		Postup										
Normalizační žíhání	850-890		Ochlazovat na vzduchu										
Kalení	820-860		Pomalou ochlazovat v oleji										
Žíhání na měkko	680-720		Ochlazovat v peci										
Popouštění	550-690		Ochlazovat do vody, tvarově složité součásti v oleji										
Značka oceli	Chemické složení v %											Tvrdost ve stavu	
												Žíh. na měkko	Zušlech- těném
	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	Ni max	Co	P max.	S max.	HB max.	HRC min.
DIN 51CrV4	0,47-0,55	0,80-1,10	0,15-0,35	0,90-1,20			0,10-0,20			0,030	0,030		
ČSN 15 260	0,47-0,55	0,70-1,00	0,15-0,40	0,90-1,20			0,10-0,20	0,30		0,035	0,035	225	300

**Obr. 26 a 27** schématicky znázorňují rozdělení testovaných nožů do skupin po 10 ks, které se lišily typem nože, způsobem obrábění a tepelným zpracováním. Kalení do oleje bylo provedeno stávajícím způsobem ve firmě KT (kapitola 3.1) a kalení do roztavené soli ve firmě TOS Varnsdorf.



**Obr. 26** Schéma kombinací technologií pro nůž A40T PCLNR12

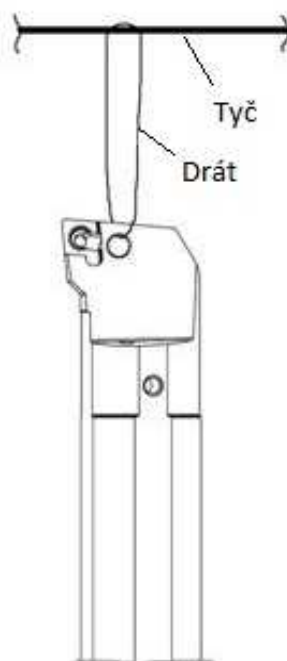


**Obr. 27** Schéma kombinací technologií pro nůž A40T PWLNR08

### KALENÍ DO ROZTAVENÉ SOLI

Cílem bylo zajistit kolmou polohu při kalení (**obr. 28**) a vyloučit vliv vlastní váhy těles a vliv pohybu koše (s otřesy při transportu vsázky z ohřevové do kalící komory) na deformaci při austenitizaci.

Tato technologie odstraňuje zatížení polotovarů vlastní vahou (oproti dnešní technologii) a navíc kalící proces je s plynulejším průběhem ochlazováním oproti oleji. Ohřev v rozmezí teplot 840 – 860°C; kalení v soli As 140 130 – 150°C a popouštění v šachtové peci 420 – 450°C; 4 až 6 hodin.



**Obr. 28** Způsob zavěšení nože

### 3.3 MĚŘENÍ DEFORMACÍ EXPERIMENTU

Testované nože byly v průběhu experimentu (před a po kalení) měřeny na pracovišti kontroly v hrotech na hrotovém měřícím přístroji pro kontrolu obvodové házivosti (**obr. 29**). Měření bylo vždy prováděno na středu upínací části nože a u hlavy. Měřeným parametrem byla házivost od osy (**tab. 4**).

Specifikace měřícího přístroje je následující:

oba koníky posuvné, max. vzdálenost hrotů 1200mm, ruční stranový posuv 0-200, rozměr základny 250x1600 mm, celková výška 400 mm, hmotnost cca 50 kg.



**Obr. 29** Hrotový měřící přístroj

**Tab. 4** Rozsah naměřených hodnot házivosti

Typ nože	způsob navrtání	způsob kalení	házivost (mm) před kalením		házivost (mm) po kalení	
			hlava	střed	hlava	střed
PCLNR	excentricky	olej	-	-	0,25 - 0,50	0,25 - 0,57
PWLNR	excentricky	olej	0,01 - 0,06	0,01 - 0,04	0,19 - 0,33	0,25 - 0,43
PCLNR	excentricky	sůl	0,02 - 0,09	0,01 - 0,06	0,15 - 0,40	0,17 - 0,44
PWLNR	excentricky	sůl	0,03 - 0,08	0,02 - 0,06	0,13 - 0,35	0,10 - 0,40
PCLNR	v ose	sůl	0,05 - 0,12	0,02 - 0,08	0,06 - 0,31	0,10 - 0,31
PWLNR	v ose	sůl	0,02 - 0,07	0,01 - 0,06	0,10 - 0,18	0,08 - 0,19
PCLNR	v ose	olej	0,03 - 0,1	0,015 - 0,07	0,10 - 0,36	0,07 - 0,41
PWLNR	v ose	olej	-	-	0,02 - 0,16	0,04 - 0,24

(v tab. 4 není u dvou dávek nožů vyplněna házivost před kalením z důvodu nedodržení technologické kázně – z uvedených dat ale vyplývá, že změna technologie neměla na výsledek deformací před kalením vliv – viz. závěr)

**Tab. 5** Střední hodnota, směrodatná odchylka měření obvodové házivosti po zakalení

Způsob navrtání	TZ	Hlava		Střed	
		Střední hodnota [mm]	Směrodatná odchylka [mm]	Střední hodnota [mm]	Směrodatná odchylka [mm]
excentricky	olej	0,31	0,07788	0,35	0,08692
excentricky	sůl	0,23	0,08529	0,26	0,10545
v ose	sůl	0,17	0,05277	0,15	0,06325
v ose	olej	0,15	0,06412	0,15	0,08262



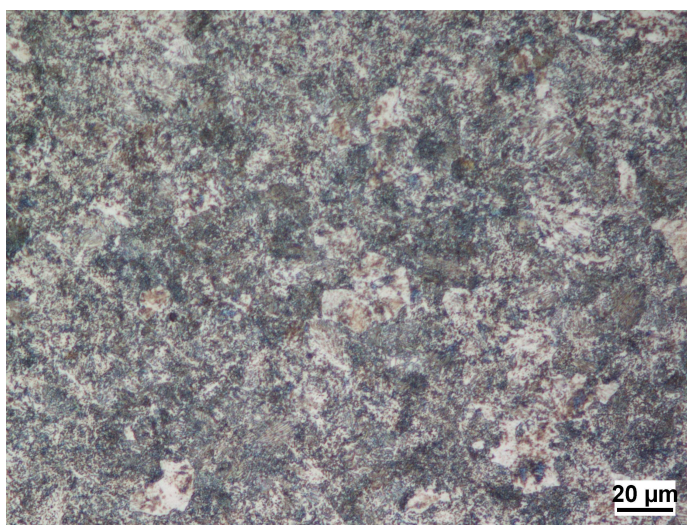
**Tabulka č.5** znázorňuje výpočet středních hodnot a směrodatných odchylek měření házivosti ve středu a na hlavě nože v závislosti na tepelném zpracování a technologii obrábění. Protože jsou oba typy nožů rozměrově stejné a liší se pouze tvarem sedla, což na změny technologií nemá vliv nejsou v **tabulce č.5** dle typu dále rozděleny.

## METALOGRAFICKÝ ROZBOR STRUKTURY OCELI A MĚŘENÍ TVRDOSTI

Metalografický rozbor byl proveden v laboratoři katedry materiálu na přístrojovém vybavení od firmy Buehler. K odběru vzorků byla použita metalografická rozbrušovací pila s chlazením, jelikož při odběru vzorků nesmí dojít ke změně struktury (deformací, ohřevem). Po odběru vzorků následoval tzv. preparace, která byla provedena lisováním (zapouzdřením) za tepla v poloautomatickém lisu. Dále bylo provedeno broušení na poloautomatické brusce následujícím postupem: 1. krok: srovnání povrchu (brusný papír - zrna P 320), 2. krok: broušení na podložce HERKULES + diamantová suspenze 9  $\mu\text{m}$ , 3. krok: broušení na podložce TRIDENT + diamantová suspenze 3  $\mu\text{m}$ , 4. krok: leštění na podložce CHEMOMET 0,05  $\mu\text{m}$  a MASTERMET - leštící emulze. Pro leptání (zviditelnění struktury) bylo použito leptadlo 3% Nital (roztok alkoholu a kyseliny dusičné), kterým se vytvoří na původním rovném povrchu reliéf. Nakonec proběhlo sušení vzorků.

## VÝSLEDNÁ STRUKTURA MATERIÁLU

Struktura byla pozorována na metalografickém mikroskopu NIKON EPIPHOT 200. Při zkoumání struktury polotovaru bylo potvrzeno, že ocel byla vyžehána naměkko (**obr. 30**). U vzorku kalené v oleji (**obr. 31**) byla patrná sorbitická struktura. Nakonec byl zkoumán vzorek kalený v soli (**obr. 32**), kde se struktura jevila srovnatelná se vzorkem kaleným do oleje.



**Obr. 30** Ocel 15 260.3 - vstupní stav struktury - globulární perlit



**Obr. 31** Ocel 15 260, struktura po kalení v oleji 60-90°C



**Obr. 32** Ocel 15 260, struktura po kalení v soli 130-160°C

### MĚŘENÍ TVRDOSTI MATERIÁLU

Tvrlost materiálu u vzorků byla měřena podle metody Vickerse HV5 na stolním tvrdoměru VCKERS-BRINELL HPO 250 (**obr. 33**). Na každém vzorku byly tři hodnoty tvrdosti (**tab. 6**). Pro převod na Rockwella byly použity porovnávací tabulky (ČSN 42 0379) a naměřené hodnoty zapsány do **tab. 6**.



**Obr.33** Stolní tvrdoměr VICKERS-BRINELL HPO 250

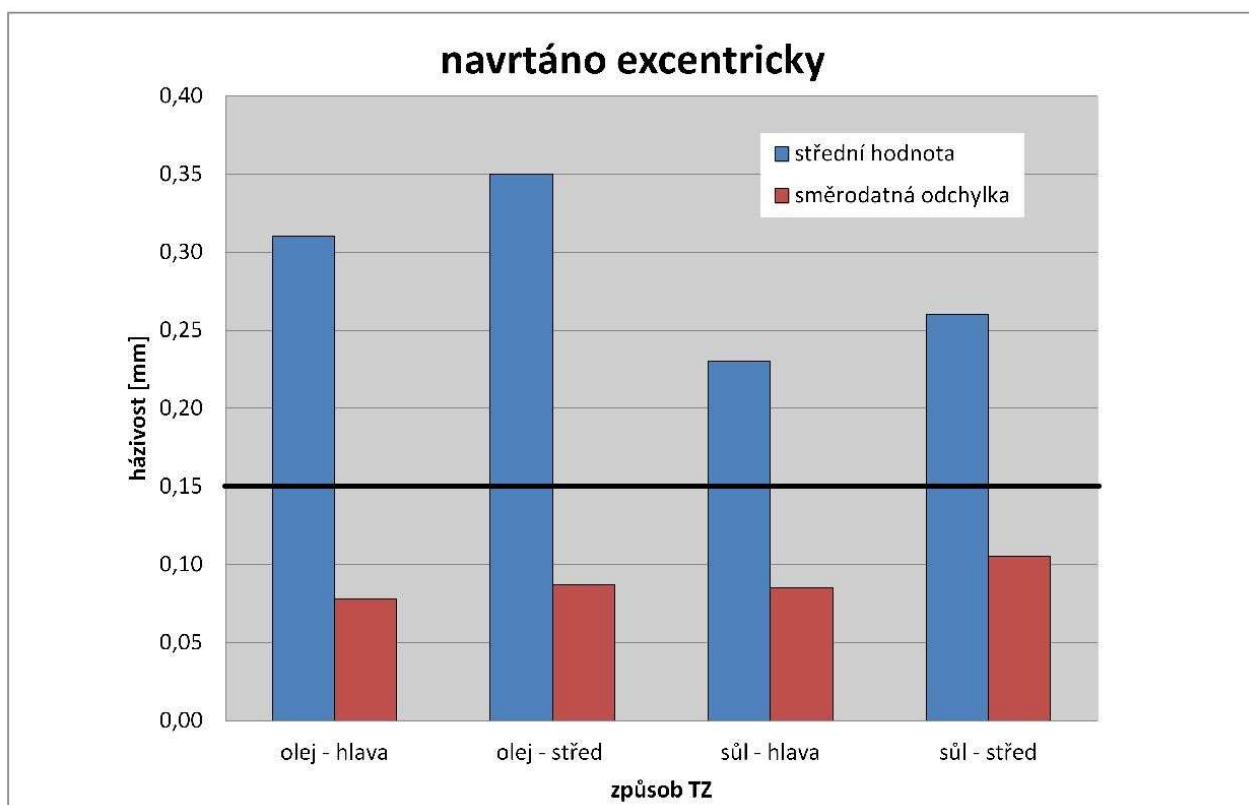
**Tab. 6** Naměřené hodnoty tvrdosti

	1.	2.	3.	Průměr
kalení v oleji 60-90°C	475 HV5/47,2 HRc	472 HV5/47 HRc	472 HV5/47 HRc	473 HV5/47,06HRc
kalení v soli 130-160°C	490 HV5/48,4 HRc	485 HV5/48 HRc	485 HV5/48 HRc	487 HV5/48,13HRc

### 3.4 DISKUSE

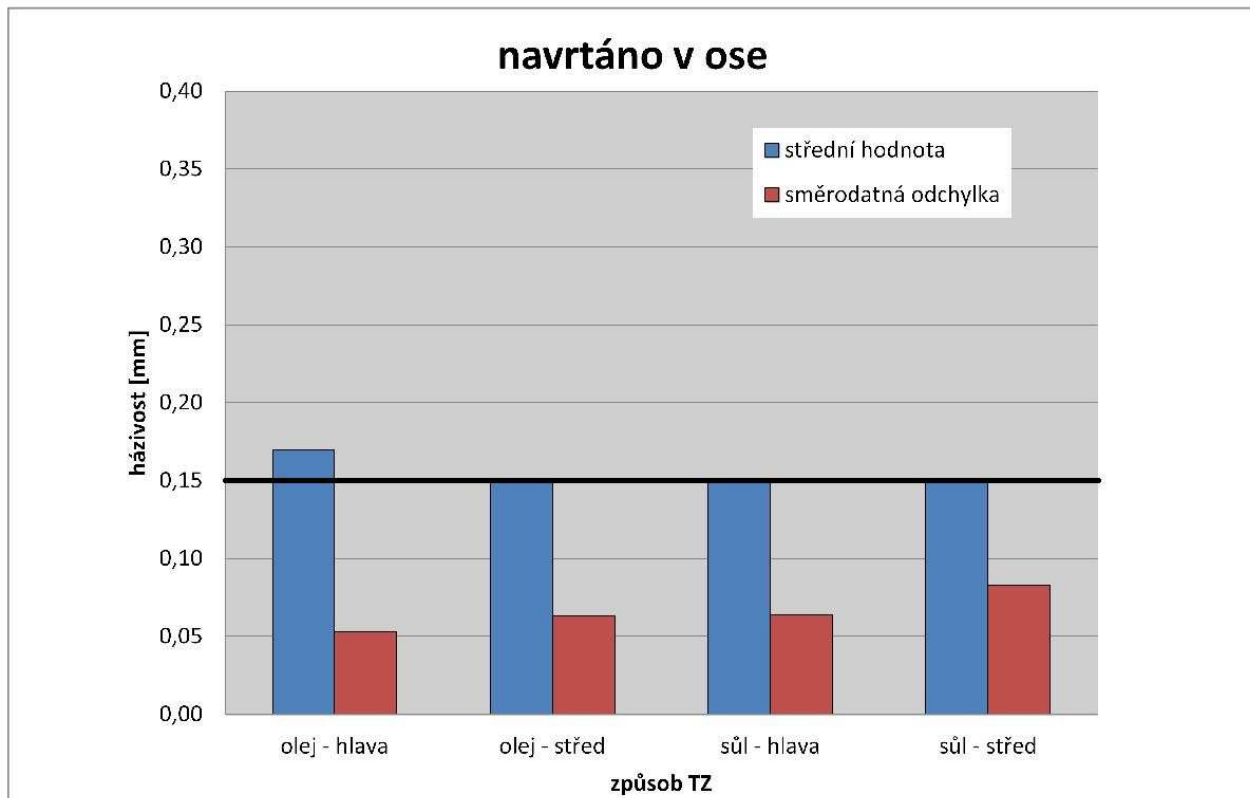
#### POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH DEFORMACÍ

Z naměřených hodnot po obrobení před kalením lze konstatovat, že hodnoty se liší pouze v setinách mm a není zde patrný vliv změny technologie obrábění na házivost nožů. Níže uvedené grafy zobrazují střední hodnotu a směrodatnou odchylku naměřených deformací v závislosti na TZ a technologii obrábění. V grafech je také znázorněna maximální povolená hodnota přídavku 0,15mm na broušení.



**Graf 1** Navrtání excentricky, házivost po TZ



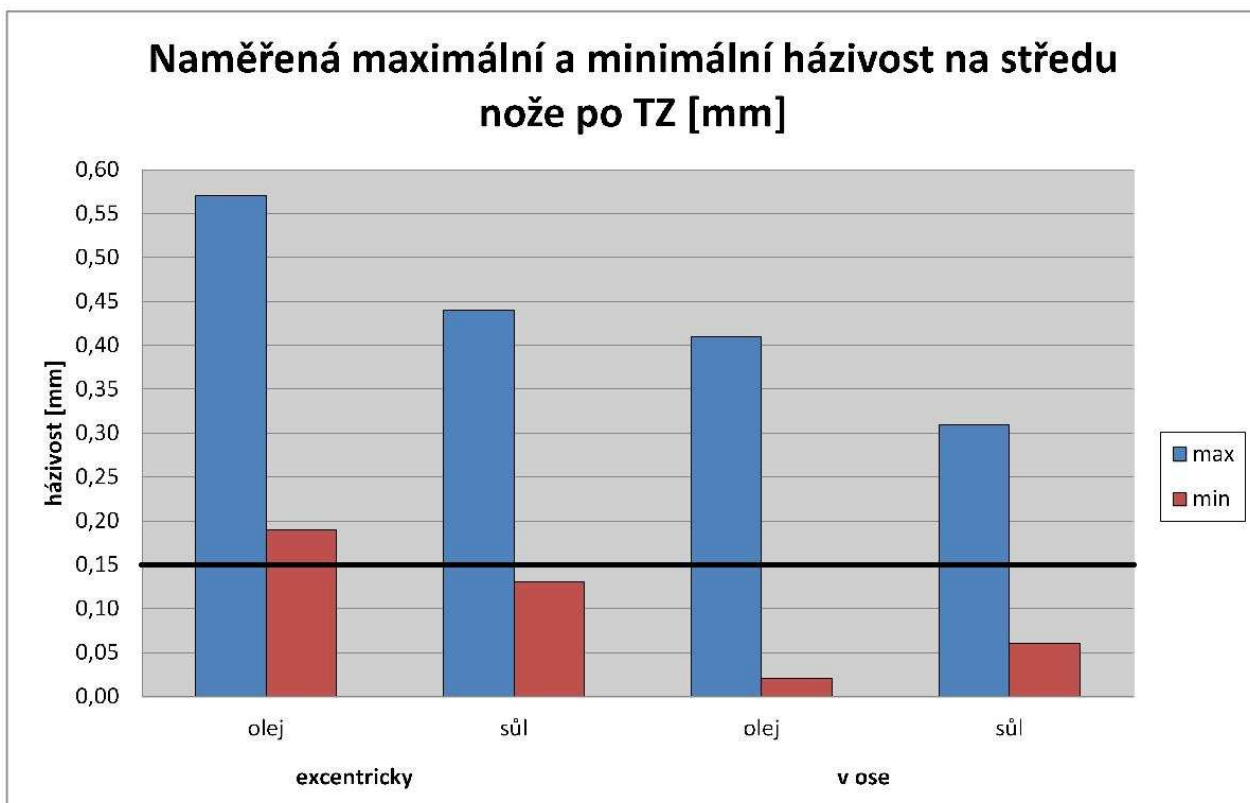


**Graf 2** Navrtání v ose, házivost po TZ

Z grafů 1 a 2 vyplývá, že nový způsob kalení do roztavené soli As 140 způsobuje snížení deformací. Na snížení deformací se pravděpodobně také podílelo vhodnější uchycení nožů (zavěšení, obr. 28) při kalení. Deformace po kalení klesly u obou způsobů obrábění. Výraznější vliv na deformace měl však způsob obrábění. Jestliže nože byly vyráběny z polotovaru o  $\phi$  60 mm a soustruženy rovnoběžně s osou polotovaru (navrtáno v ose), došlo k razantnímu snížení deformací v obou místech měření. Nejmenší deformace tedy vykazují nože soustružené rovnoběžně s osou polotovaru a kalené do roztavené soli.

**Tab. 7** Naměřené hodnoty maximální házivosti

způsob navrtání nožů	místo kalení	naměřená maxima házivosti na hlavě nože po zakalení [mm]	naměřená maxima házivosti na středu nože po zakalení [mm]
excentricky	olej	0,50	0,57
excentricky	sůl	0,40	0,44
v ose	olej	0,36	0,41
v ose	sůl	0,31	0,31



**Graf 3** Naměřená maxima a minima házivosti na středu nože po TZ [mm]

Novým technologickým postupem (souosé obrábění, kalení do roztavené soli) se však nepodařilo snížit házivost všech nožů pod povolený přídavek 0,15 mm (**tab. 7, graf 3**). Proto bylo nutné některé nože rovnat.

### VLIV TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ NA STRUKTURU NOŽŮ

Dle naměřených hodnot lze konstatovat, že materiál kalený v solné lázni má přibližně stejnou strukturu jako materiál kalený do olejové lázně a stejně tak i tvrdost. Výsledky měření tvrdosti materiálu na vzorcích jsou v souladu s předpisem firmy Karned Tools s.r.o. pro výrobu a funkčnost vnitřních soustružnických nožů (45 – 49 HRC).

### TECHNICKO-EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ VÝROBY

Změna technologie má vliv na cenu výrobků. Testované nože navrtané excentricky se vyrábí z polotovaru  $\phi$  50 mm (současný stav). Při navrtání nožů v ose je třeba použít polotovar  $\phi$  60 mm, což znamená vyšší cenu polotovaru a navýšení strojního času při výrobě. Níže uvedená **tabulka č. 8** vyjadřuje finanční rozdíl mezi těmito technologiemi.

**Tab. 8** Ekonomické vyhodnocení výroby

<b>A40T PCLNR 12</b>			
D polotovaru	50 mm	60 mm	Rozdíl:
cena materiálu/kg	29,00 Kč	29,00 Kč	
hmotnost polotovaru	5,14 kg	7,4 kg	2,26 kg
cena za materiál/ks	149,6 Kč	214,6 Kč	65,0 Kč
navýšení strojních časů		31,3 Kč	31,3 Kč
ÚVN (dávka 20ks)	1 394,9 Kč	1 491,2 Kč	<b>96,3 Kč</b>
prodejní cena (dávka 20ks)	1 622 Kč	1 622 Kč	
zisk	227,1 Kč	130,8 Kč	96,3 Kč
zisk v %	16,3	8,8	7,5
<b>A40T PWLNR 08</b>			
D polotovaru	50 mm	60 mm	Rozdíl:
cena materiálu/kg	29,00 Kč	29,00 Kč	
hmotnost polotovaru	5,14 kg	7,4 kg	2,26 kg
cena za materiál/ks	149,6 Kč	214,6 Kč	65,0 Kč
navýšení strojních časů		31,8 Kč	31,8 Kč
ÚVN (dávka 20ks)	1 488,2 Kč	1 585,0 Kč	<b>96,8 Kč</b>
prodejní cena (dávka 20ks)	1 622 Kč	1 622 Kč	
zisk	133,8 Kč	37,0 Kč	96,8 Kč
zisk v %	9,0	2,3	6,7

Ziskovost při změně technologie z důvodu většího polotovaru klesá – u nože A40T PCLNR 12 z 16,3% na 8,8% a u nože A40T PWLNR 08 z 9 na 2,3%. Rozdíl rozmezí hodnot ziskovosti tvoří navýšení úplných výrobních nákladů (ÚVN) z důvodu rozdílného tvaru sedla pro VBD. Při dávce 20 ks rozdíl v cenách u obou typů nožů činí cca 97 Kč. Cena kalení pro experiment je počítaná shodná.

Z výsledků metalografického rozboru je patrné, že struktura materiálu při změně technologie TZ je přibližně stejná. Náklady na současné TZ (olej) ve firmě Karned Tools s.r.o. přepočtené na jeden kus nože činí 58,- Kč a po ověření ceny technologie TZ (sůl) ve firmě TOS Varnsdorf pro případnou dlouhodobou spolupráci, by se částka zvýšila na 116,- Kč/ks. Tato změna technologie TZ představuje tedy zvýšení nákladů TZ a z uvedených nástrojů by činila neprodejně výrobky následkem neúnosného nárůstu výrobních nákladů.

## 4 ZÁVĚR

V bakalářské práci byl porovnán vliv tepelného zpracování a obrábění na deformace soustružnických nožů. Vliv TZ byl také sledován na struktuře a tvrdosti materiálu. Výsledky lze shrnout do následujících bodů:

- Vliv kalení do soli na deformace

Nejmenší hodnoty deformací byly naměřeny u nožů, které byly zakaleny v roztavené soli, což potvrdilo plynulejší a rovnoměrnější ochlazování materiálu oproti průběhu ochlazování v oleji. Pravděpodobně příznivý byl i vliv zavěšení (bez vlivu možné deformace za tepla vlastní vahou nože a pohybem v kalícím koši).

- Vliv kalení do soli na strukturu a tvrdost

Při porovnání struktury polotovarů se struktura materiálu kaleného v soli jevila srovnatelná (resp. mírně jemnější) oproti struktuře materiálu, kalenému do oleje. Naměřené tvrdosti po kalení do soli a do oleje jsou podobné a jsou v požadované toleranci.

- Vliv obrábění na deformace po TZ

Deformace po tepelném zpracování byly nižší u osově obráběných nožů vzhledem k rovnoměrnému úběru materiálu z výchozího polotovaru. U excentricky soustružených nožů se jednoznačně projeví vyšší deformace následkem výrazně nesouměrného odběru materiálu vzhledem k původnímu povrchu polotovaru (orientaci „vláken“ v materiálu).

Obě technologická opatření (souosé obrábění, kalení do roztavené soli) však nezaručují snížení deformací pod maximální povolený průhyb (toleranci pro následné broušení), a proto je nutné zachovat operaci rovnání po tepelném zpracování. Z technicko-ekonomických důvodů se stávající technologie obrábění a tepelného zpracování nebudou měnit.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] PLUHAŘ Jaroslav ,KORITA Josef, *Strojírenské materiály*, Praha 1966, SNTL

[2] PTÁČEK L. a kolektiv, *Nauka o materiálu I*, Brno: akademické nakladatelství CERM,s.r.o.,2003

[3] MORÁVEK Otakar, BABOROVSKÝ Vladislav, *Základy tepelného zpracování oceli*, Praha 1961, SNTL

[4] MORÁVEK O., BABOROVSKÝ V., *Základy tepelného zpracování oceli 2*, Knížnice strojírenské výroby, Praha 1964, SNTL

[5] WALLA Viktor, *Praktická metalografie*, Praha 1962, SNTL

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotky	Popis
<b>TOS</b>		fa TOS Varnsdorf a.s
<b>KT</b>		fa Karned Tools s.r.o.
<b>TZ</b>		Tepelné zpracování
<b>A<sub>c1</sub></b>		Překrystalizační teplota v soustavě Fe-C
<b>A<sub>c3</sub></b>		Překrystalizační teplota v soustavě Fe-C
<b>A<sub>cm</sub></b>		Překrystalizační teplota v soustavě Fe-C
<b>M<sub>s</sub></b>		Teplota začátku martenzitické přeměny
<b>M<sub>f</sub></b>		Teplota konce martenzitické přeměny
<b>ARA</b>		Diagram anizotermického rozpadu austenitu
<b>IRA</b>		Diagram izotermického rozpadu austenitu
<b>VBD</b>		Vyměnitelná břitová destička
<b>HRC</b>		Tvrdost podle Rockwella
<b>Hv</b>		Tvrdost podle Vickerse
<b>T</b>		Teplota
<b>t</b>		Čas
<b>Φ</b>	mm	Průměr

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1** Průběh tepelného zpracování [5]  
**Obr. 2** Binární rovnovážný diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C [5]  
**Obr. 3** Austenit. diagram eutektoidní uhlíkové oceli se strukturou lamelárního perlitu [5]  
**Obr. 4** Schéma mechanismu přestavby mřížky austenitu v mřížku martenzitu [4]  
**Obr. 5** Tetragonální prostorově středěná mřížka [4]  
**Obr. 6** Závislost konstant  $a$ ;  $c$  tetragonální mřížky martenzitu na obsahu uhlíku [4]  
**Obr. 7** Závislost teplot  $M_s$  a  $M_f$  na obsahu uhlíku v uhlíkových ocelích před kalením [4]  
**Obr. 8** Rychlost ochlazování v ARA diagramu - transformace austenitu na martenzit [4]  
**Obr. 9** Průběh rychlosti ochlazování IRA diagram - transformace austenitu na bainit [4]  
**Obr. 10** Struktura horního a dolního bainitu [1]  
**Obr. 11** Lomené kalení [1]  
**Obr. 12** Termální kalení [1]  
**Obr. 13** Průběh ochlazování při kalení do vody [1]  
**Obr. 14** Kal. linka ELTERMA  
**Obr. 15** Austenitizační komora pece s dopravníkem koše  
**Obr. 16** Osazení nože do oka kalící mřížky  
**Obr. 17** Vícenásobné osazení oka kalící mřížky  
**Obr. 18** ARA DIAGRAM - RYCHLOST OCHLAZOVÁNÍ/TVRDOST  $H_v$  [2]  
**Obr. 19** Měření průhybu v hrotech + beran  
**Obr. 20** Lis LF 100  
**Obr. 21** Stůl s výměnnými podpěrami  
**Obr. 22** Nůž A40T PCLNR12  
**Obr. 23** Nůž A40T PWLNR08  
**Obr. 24** POLOTOVAR 15 260.3 –  $\Phi$  50, excentrické soustružení - šikmá „vlákna“ v materiálu oproti ose nože  
**Obr. 25** POLOTOVAR 15 260.3 –  $\Phi$  60, souosé soustružení - „vlákna“ v materiálu rovnoběžná s osou stopky nástroje  
**Obr. 26** Schéma kombinací technologií pro nůž A40T PCLNR12  
**Obr. 27** Schéma kombinací technologií pro nůž A40T PWLNR08  
**Obr. 28** Způsob zavěšení nože  
**Obr. 29** Hrotový měřicí přístroj  
**Obr. 30** 15 260.3 vstupní stav struktury  
**Obr. 31** 15 260 kalení v oleji 60-90°C  
**Obr. 32** 15 260 kalení v soli 130-160°C  
**Obr. 33** Stolní tvrdoměr VICKERS-BRINELL HPO 250

## SEZNAM TABULEK

**Tab. 1** Přehled způsobů kalení oceli [5]

**Tab. 2** Parametry testovaných nožů

**Tab. 3** Tabulka hodnot tepelného zpracování a chemické složení oceli 15 260 [2]

**Tab. 4** Rozsah naměřených hodnot házivosti

**Tab. 5** Střední hodnota, směrodatná odchylka měření obvodové házivosti po zakalení

**Tab. 6** Naměřené hodnoty tvrdosti

**Tab. 7** Naměřené hodnoty maximální házivosti

**Tab. 8** Ekonomické vyhodnocení výroby

## SEZNAM GRAFŮ

**Graf 1** Navrtání excentricky, házivost po TZ

**Graf 2** Navrtání v ose, házivost po TZ

**Graf 3** Naměřená maxima a minima házivosti na středu nože po TZ [mm]



## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1** Kontrolní protokol A40T PCLNR 12
- Příloha 2** Kontrolní protokol A40T PWLNR 08
- Příloha 3** Výkresová dokumentace – SESTAVA TYČÍ
- Příloha 4** Výkresová dokumentace – TĚLESA TYČÍ NAVRTANÉ
- Příloha 5** Výkresová dokumentace – TĚLESO TYČE  $\Phi$  40
- Příloha 6** Výkresová dokumentace – SEDLO PRO WNMG 080408 PRAVÉ
- Příloha 7** Výkresová dokumentace – SEDLO PRO WNMG 080408 LEVÉ
- Příloha 8** Výkresová dokumentace – TĚLESO NOŽE
- Příloha 9** Ukázka technologického postupu
- Příloha 10** Ukázka modelování v NX7,5
- Příloha 11** Ukázka programování v NX 7,5

# PŘÍLOHA 1

V1102612

všechny naměřené  
hodnoty jsou uváděny  
v mm

č.nože	PŘED KALENÍM		PO KALENÍ		
	háživost u hlavy	háživost na středu	háživost u hlavy	háživost na středu	
50	0,06	0,04	0,19	0,25	excentr + kalit v KT
51	0,02	0,01	0,24	0,31	
52	0,01	0,01	0,28	0,38	
53	0,05	0,04	0,27	0,31	
54	0,04	0,03	0,26	0,28	
55	0,04	0,02	0,28	0,37	
56	0,03	0,02	0,23	0,28	
57	0,05	0,03	0,33	0,43	
58	0,05	0,03	0,25	0,30	
59	0,06	0,04	0,32	0,36	
60	0,04	0,03	0,34	0,40	excentr + kalit v TOS
61	0,04	0,04	0,18	0,17	
62	0,03	0,03	0,32	0,38	
63	0,06	0,05	0,15	0,12	
64	0,04	0,03	0,14	0,13	
65	0,06	0,04	0,35	0,37	
66	0,04	0,02	0,13	0,10	
67	0,04	0,04	0,16	0,12	
68	0,08	0,06	0,32	0,33	
69	0,06	0,04	0,20	0,25	
70	0,06	0,03	0,14	0,12	navrtáno v ose + kalit v TOS
71	0,02	0,01	0,18	0,19	
72	0,07	0,05	0,15	0,08	
73	0,06	0,04	0,10	0,16	
74	0,05	0,05	0,14	0,14	
75	0,07	0,05	0,12	0,10	
76	0,06	0,04	0,17	0,13	
77	0,07	0,05	0,17	0,16	
78	0,03	0,02	0,15	0,13	
79	0,06	0,06	0,13	0,18	
80			0,13	0,13	navrtáno v ose + kalit v KT
81			0,14	0,16	
82			0,16	0,24	
83			0,16	0,11	
84			0,16	0,21	
85			0,11	0,16	
86			0,15	0,20	
87			0,16	0,17	
88			0,08	0,10	
89			0,02	0,04	

KONTROLNÍ PROTOKOL  
A40T PWLNR 08

1

žlutě jsou označeny  
minima a maxima  
naměřených hodnot

## PŘÍLOHA 2

V1102611

č.nože	PŘED KALENÍM		PO KALENÍ		
	házivost u hlavy	házivost na středu	házivost u hlavy	házivost na středu	
10			0,45	0,37	excentr + kalit v KT
11			0,30	0,38	
12			0,29	0,25	
13			0,29	0,27	
14			0,29	0,30	
15			0,25	0,26	
16			0,30	0,36	
17			0,50	0,57	
18			0,44	0,52	
19			0,40	0,46	
20	0,05	0,03	0,29	0,28	excentr + kalit v TOS
21	0,04	0,02	0,20	0,25	
22	0,05	0,03	0,37	0,44	
23	0,02	0,01	0,15	0,20	
24	0,09	0,05	0,17	0,22	
25	0,08	0,05	0,33	0,33	
26	0,04	0,025	0,24	0,18	
27	0,07	0,04	0,27	0,30	
28	0,08	0,06	0,40	0,41	
29	0,06	0,06	0,21	0,17	
30	0,05	0,04	0,31	0,31	navrtáno v ose + kalit v TOS
31	0,05	0,03	0,20	0,16	
32	0,08	0,08	0,20	0,27	
33	0,06	0,05	0,16	0,10	
34	0,05	0,03	0,18	0,10	
35	0,05	0,02	0,13	0,12	
36	0,12	0,08	0,06	0,13	
37	0,07	0,03	0,20	0,10	
38	0,06	0,04	0,26	0,28	
39	0,08	0,06	0,16	0,10	
40	0,07	0,05	0,17	0,12	navrtáno v ose + kalit v KT
41	0,08	0,05	0,24	0,28	
42	0,08	0,05	0,16	0,12	
43	0,01	0,07	0,36	0,41	
44	0,08	0,05	0,11	0,07	
45	0,03	0,02	0,13	0,13	
46	0,06	0,03	0,13	0,10	
47	0,10	0,07	0,13	0,11	
48	0,06	0,04	0,14	0,11	
49	0,03	0,02	0,10	0,07	

všechny naměřené  
hodnoty jsou uváděny  
v mm

**KONTROLNÍ PROTOKOL**  
**A40T PCLNR 12**

2

žlutě jsou označeny  
minima a maxima  
naměřených hodnot

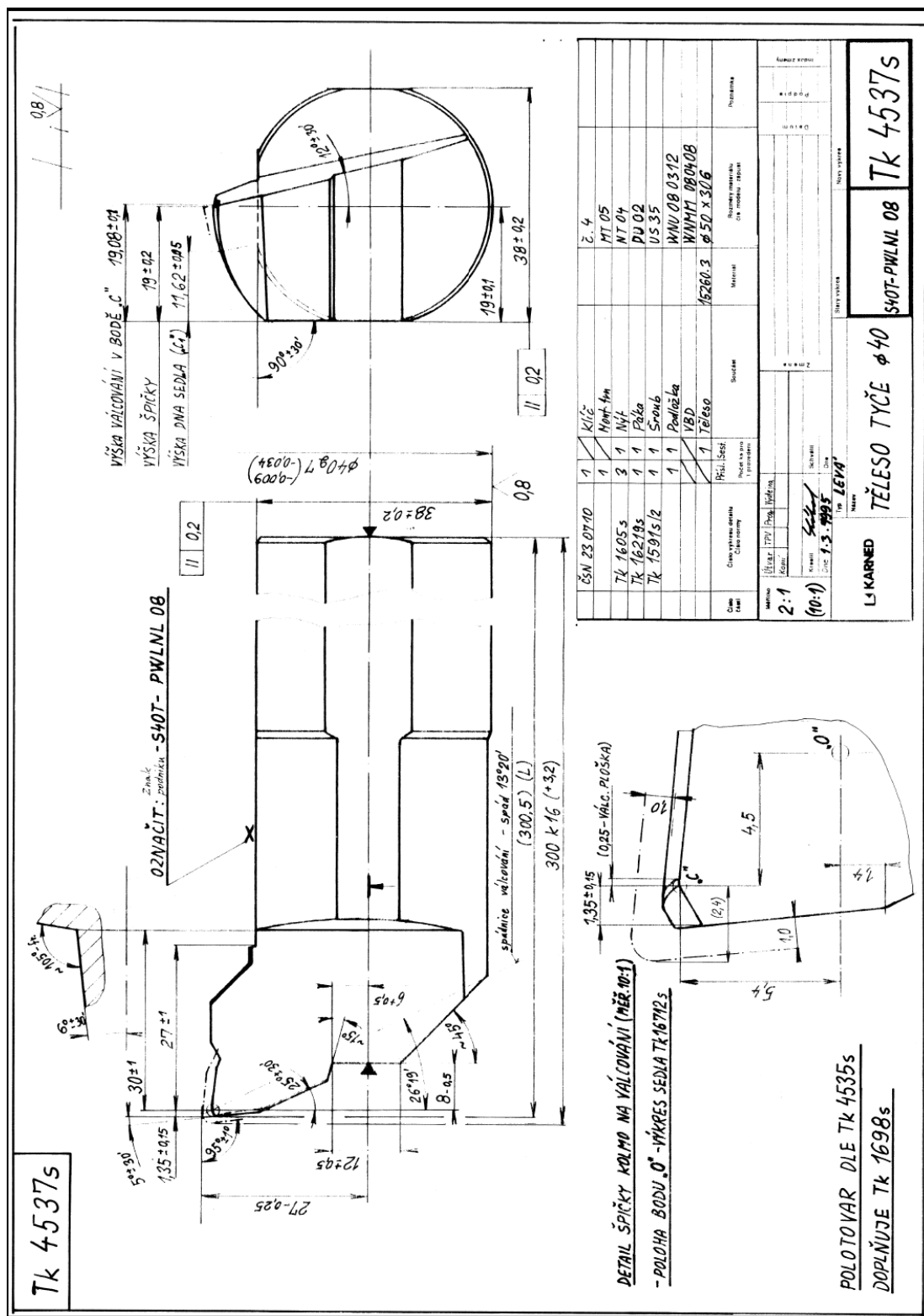
## PŘÍLOHA 3

ISO OZNAČENÍ TYČE		HLAVNÍ ROZMĚRY				SESTAVA NOŽE + PRSLUSEKSTVY										VKRES SEJLA									
POL.	PRAVA	POL.	LEVA	PRES VBD				TELESO TYČE	POZ. 1	VBD	POZ. 2	POLOŽKA	UPINACÍ PAKA	POZ. 4	UPINACÍ SROUB	DUTÝ NIT	ZASTŘ. KLIC	NONT. TRN	CHODÍC SEJLA	PRAVA TYČ	LEVA TYČ				
				f	l	0	d															b	6		
NAKRES		PSKNL		PSKNR		PCNL		PCNLR		PTFNL		PTFNR		PWLNL		PWLNR		PUNNL		PUNNR		PDNNL		PDNNR	
1		3	A325-PSKNR 12	4	A325-PSKNL 12	22	250	15	40	32	30	30	13/8"	19											
5		5	A401-PSKNR 12	6	A401-PSKNL 12	27	300	19	50	40	38	38	1 1/2"	23											
7		7	A500-PSKNR 19	8	A500-PSKNL 19	35	350	23,5	63	50	47	48,5	1 7/8"	23											
9		9	A60V-PSKNR 19	10	A60V-PSKNL 19	43	400	28,5	80	60	57	58,5	1 7/8"	23											
11		11	A25R-PCNL 12	12	A25R-PCNL 12	17	200	11,5	32	25	23	23	1 1/4"	15											
13		13	A325-PCNL 12	14	A325-PCNL 12	22	250	15	40	32	30	30	13/8"	19											
15		15	A401-PCNL 12	16	A401-PCNL 12	27	300	19	50	40	38	38	1 1/2"	23											
17		17	A500-PCNL 19	18	A500-PCNL 19	35	350	23,5	63	50	47	48,5	1 7/8"	23											
19		19	A60V-PCNL 19	20	A60V-PCNL 19	43	400	28,5	80	60	57	58,5	1 7/8"	23											
21		21	A25R-PTFNL 16	22	A25R-PTFNL 16	17	200	11,5	32	25	23	23	1 1/4"	15											
23		23	A325-PTFNL 16	24	A325-PTFNL 16	22	250	15	40	32	30	30	13/8"	19											
25		25	A401-PTFNL 22	26	A401-PTFNL 22	27	300	19	50	40	38	38	1 1/2"	23											
27		27	A500-PTFNL 22	28	A500-PTFNL 22	35	350	23,5	63	50	47	48,5	1 7/8"	23											
29		29	A60V-PTFNL 22	30	A60V-PTFNL 22	43	400	28,5	80	60	57	58,5	1 7/8"	23											
31		31		32																					
33		33	A325-PWNL 06	34	A325-PWNL 06	22	250	15	40	32	30	30	13/8"	19											
35		35	A401-PWNL 08	36	A401-PWNL 08	27	300	19	50	40	38	38	1 1/2"	23											
37		37	A500-PWNL 08	38	A500-PWNL 08	35	350	23,5	63	50	47	48,5	1 7/8"	23											
39		39	A60V-PWNL 08	40	A60V-PWNL 08	43	400	28,5	80	60	57	58,5	1 7/8"	23											
41		41		42																					
43		43	A325-PUNNL 15	44	A325-PUNNL 15	22	250	15	40	32	30	30	13/8"	19											
45		45	A401-PUNNL 15	46	A401-PUNNL 15	27	300	19	50	40	38	38	1 1/2"	23											
47		47	A500-PUNNL 15	48	A500-PUNNL 15	35	350	23,5	63	50	47	48,5	1 7/8"	23											
49		49	A60V-PUNNL 15	50	A60V-PUNNL 15	43	400	28,5	80	60	57	58,5	1 7/8"	23											
51		51		52																					
53		53	A325-PDNNL 15	54	A325-PDNNL 15	22	250	15	40	32	30	30	13/8"	19											
55		55	A401-PDNNL 15	56	A401-PDNNL 15	27	300	19	50	40	38	38	1 1/2"	23											
57		57	A500-PDNNL 15	58	A500-PDNNL 15	35	350	23,5	63	50	47	48,5	1 7/8"	23											
59		59	A60V-PDNNL 15	60	A60V-PDNNL 15	43	400	28,5	80	60	57	58,5	1 7/8"	23											

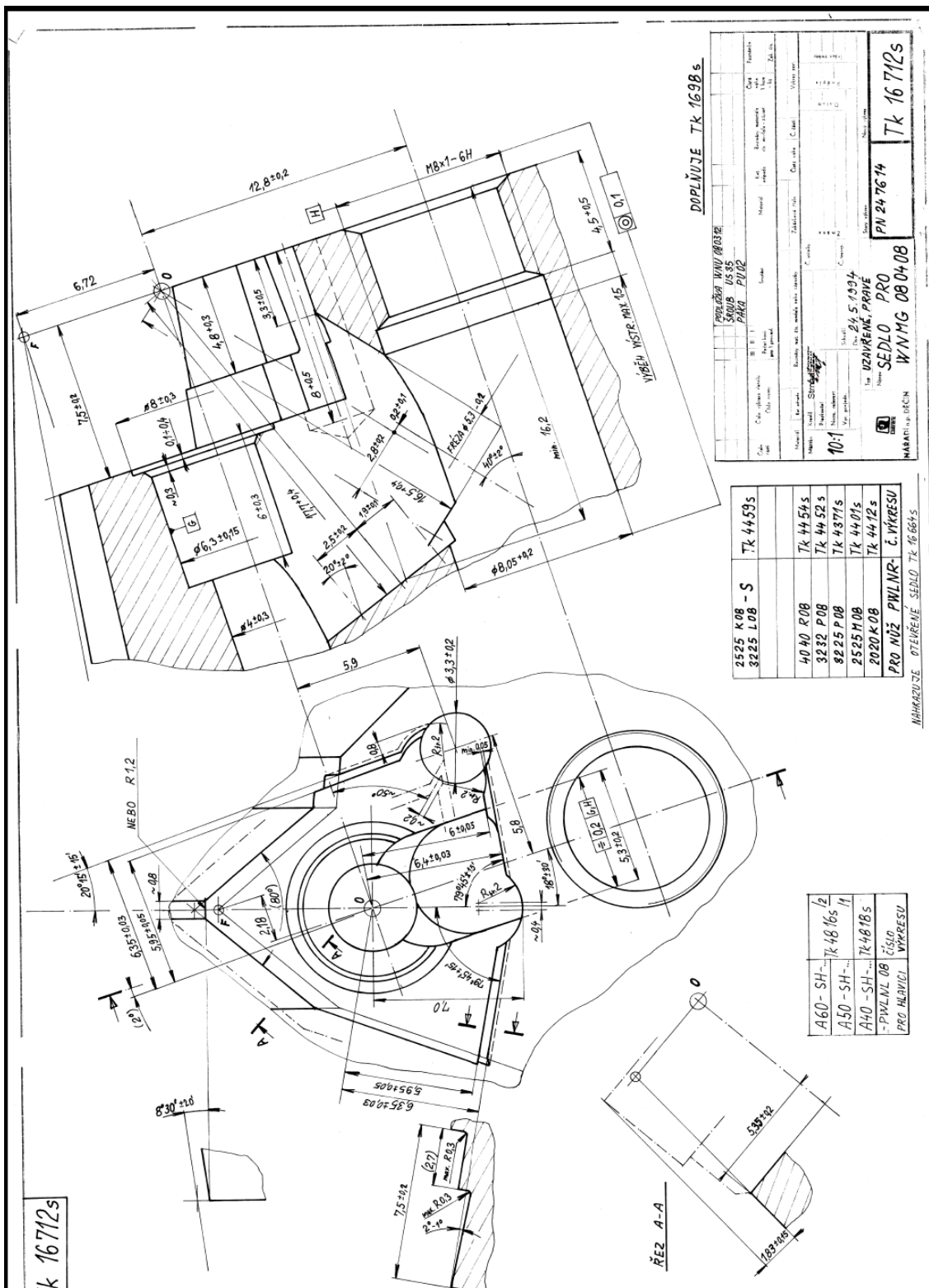
VRTANÍ TYČE dle Pq-0201



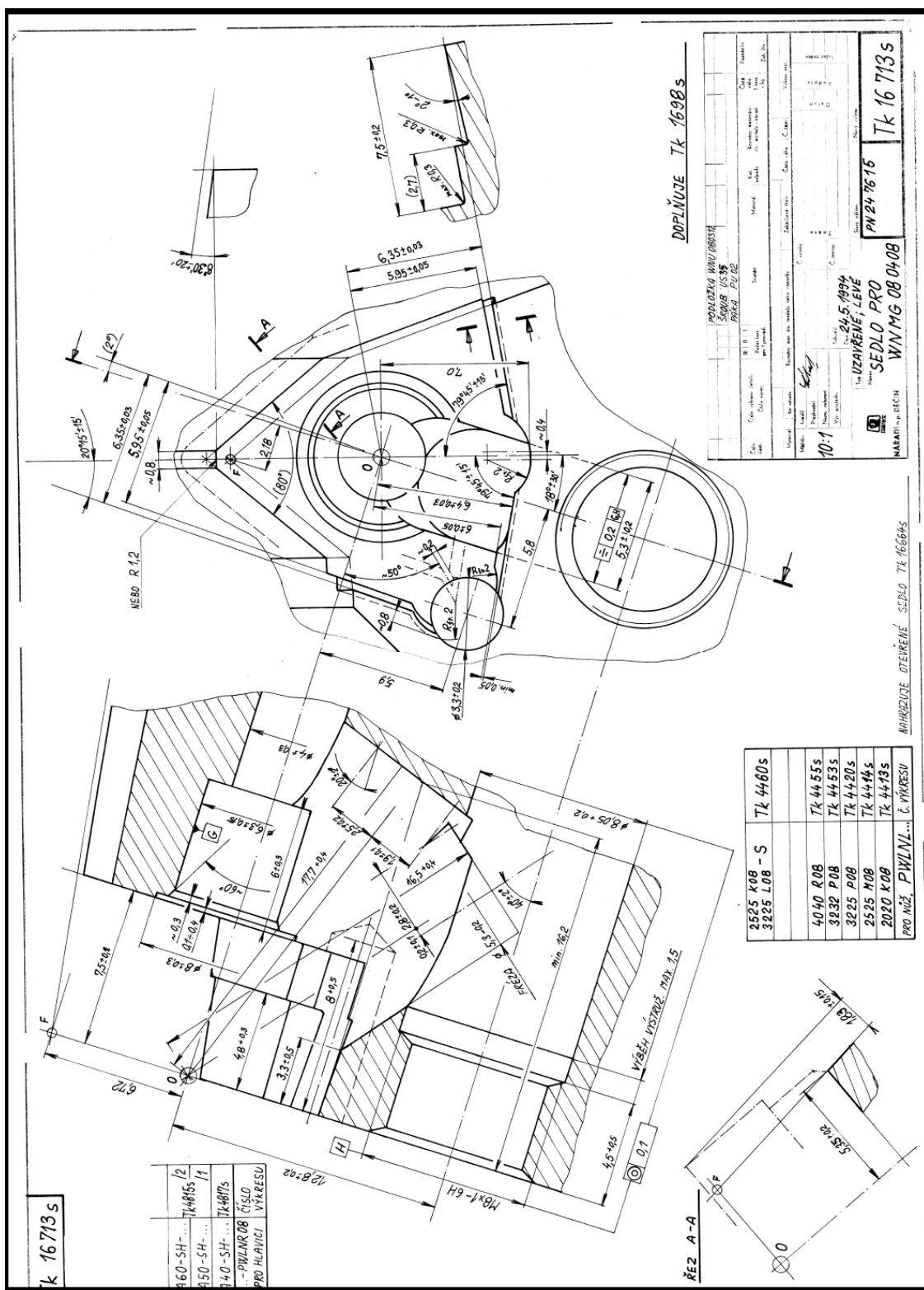
## PŘÍLOHA 5



## PŘÍLOHA 6

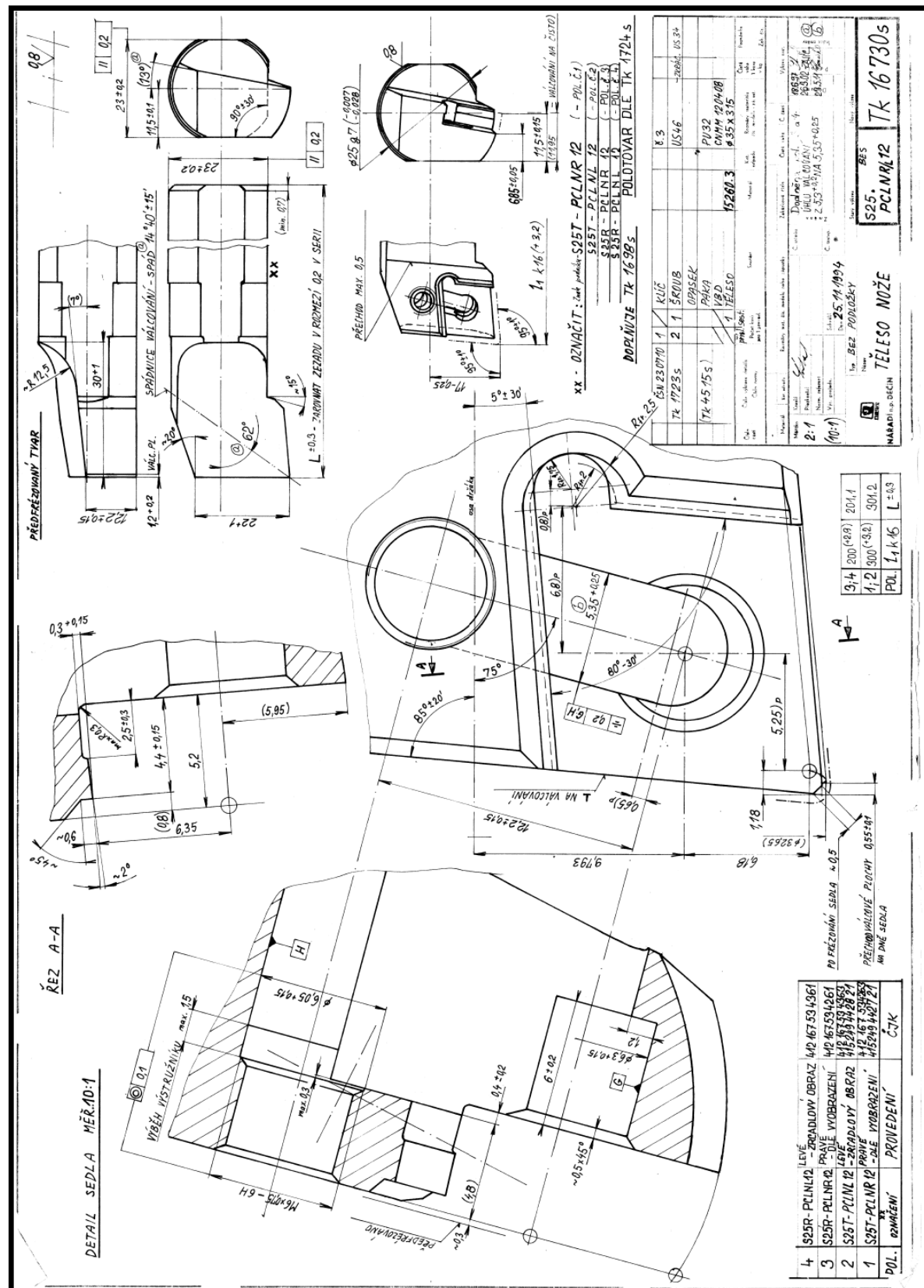


## PŘÍLOHA 7





## PŘÍLOHA 8



# PŘÍLOHA 9

## TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY NOŽŮ

<b>M KN220023/9 - KN220023 - A40T PCLNR 12</b>	1,0000 - T0013 , 84001710; ZKUSEBNI	
10 P01 - REZAT- D60-306 mm, 15260.3 , ODMASTIT		Nast.0,17 hod, 0,56 MIN/KS, Mn. 1,0000
10 MM220094 - OCEL VAL 15260.3 D60	7,4000 mn.požad.	7,4000 per + 0,00% + 0,0000
30 S03 - !!! POZOR ! ZAROVNAT A NAVRTAT Z OBOU STRAN DO STRECH		Nast.0,33 hod, 2,54 MIN/KS, Mn. 1,0000
40 S02 - SOUSTRUŽIT STOPKU HOTOVE DLE TK 4614S A DLE SABLON		Nast.0,50 hod, 6,63 MIN/KS, Mn. 1,0000
50 S01 - ZAROVNAT ZADNI KONEC VCETNE SRAZENI 1,5x45ST. A REGU		Nast.0,33 hod, 2,10 MIN/KS, Mn. 1,0000
55 K01 - KONTROLA OZNACENI NA ZADNIM CELE STOPKY, PROMERIT		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
60 A MAZAK QTN 200 - SOUSTRUŽIT HOTOVE HLAVU VCETNE KRCKU		Nast.0,50 hod, 3,50 MIN/KS, Mn. 1,0000
70 V02 - VRTAT OTVOR D12 STREDEM DLE VYKRESU Tk 6300s .		Nast.0,25 hod, 20,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
80 A JUNKER - BROUSIT STOPKU NA D40,30+0,02 MM DLETK 4614S .T		Nast.0,50 hod, 5,50 MIN/KS, Mn. 1,0000
85 K01 - PROMERIT (KONTROLNI PROTOKOL)		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
90 F01 - FREZOVAT TRI PLOSKY A ODJEHLIT .		Nast.0,50 hod, 5,12 MIN/KS, Mn. 1,0000
100 A HERMLE C30 - FREZOVAT NA HERMLE C30 A ODJEHLIT KP 10.00		Nast.0,65 hod, 18,44 MIN/KS (8,00 hod přesun), I
110 S01 [NAVRTAT DULEK] VYROVNAT A NAVRTAT PREDNI DULEK .		Nast.0,33 hod, 0,96 MIN/KS, Mn. 1,0000
115 K01 - PROMERIT (KONTROLNI PROTOKOL)		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
117 M07 [PRIPRAVA ZUSL.] PRIPRAVIT NA ZUSLECHTENI, ZABALIT		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
120 Z01 - NUZ - A40T PCLNR 12 - KALIT - POPUSTIT NA 45-49 HRc V KC		Koop: TOS, 2,00 dnů doprava, Mn. 1,0000
125 K01 [KONTROLA VSTUP] VSTUPNI KONTROLA - PROVEST KONTRI		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
130 L01 - ZAPAJET SPOJOVACI OTVOR PLAMENEM DLE Pg2-0201 .		Nast.0,00 hod, 2,11 MIN/KS (4,00 hod přesun), M
10 MK160090 - ZATKA D6,5	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
135 K01 - PROMERIT (KONTROLNI PROTOKOL)		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
140 X02 - PROMERIT A VYROVNAT PO KALENI .		Nast.0,33 hod, 2,11 MIN/KS, Mn. 1,0000
145 K01 - PROMERIT (KONTROLNI PROTOKOL)		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
150 B05 - PREBROUSIT PLOSKU PO ZASLEPENI PLAMENEM .		Nast.0,25 hod, 1,73 MIN/KS, Mn. 1,0000
160 T01 [PISKOVAT,CERNIT] JEMNE PISKOVAT, CERNIT .		Nast.0,00 hod, 12,00 HOD/DÁVKU (1 dávek), Mn.
170 A JUNKER - BROUSIT STOPKU NA D40g7 MM NACISTO . TAO .		Nast.0,50 hod, 8,50 MIN/KS, Mn. 1,0000
175 K01 - PROMERIT (KONTROLNI PROTOKOL)		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
180 A10 [LASER] ZNACIT LASEREM DLE VYKRESU .		Nast.0,00 hod, 0,50 MIN/KS, Mn. 1,0000
190 M01 [MONTAZ] OCISTIT, KALIBROVAT ZAVITY, MONTAZ, DEMONTAZ;		Nast.0,00 hod, 4,10 MIN/KS, Mn. 1,0000
10 MO500003 - STITEK 35x8mm SAMOLEPICI	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
20 MK160045 - NYT NT05 TK 1605S-2/174.3-861	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
30 MK250001 - CHRANIC TK 1697s/2 HNEDY	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
40 MK130002 - CNU 12 03 12	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
50 MK110367 - SROUB UPIN.US35 M8x1x22 84002638	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
60 MV200018 - PU02 UPINACI PAKA 84002741	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
200 K01 [KONTROLA] VYSTUPNI KONTROLA DLE KP 10.002 .		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
210 M04 [BALENI] KONZERVOVAT, ZABALIT DLE BALICHO PREDPISU,		Nast.0,00 hod, 1,00 MIN/KS, Mn. 1,0000
10 MK220007 - IMBUS KLIC S4 HXK 4	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
20 MK250009 - MT O5 7,5x12	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
30 MO110012 - ROSE PLASTIC QP 55 200	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
40 MO420002 - SCHAUMSTOFF SE 50/9 RU	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000
50 MK250013 - MOLYKO 1000 MAZADLO/84005305 5G TUBICKA	1,0000 mn.požad.	1,0000 per + 0,00% + 0,0000

## KONSTRUKCE NOŽE – „MODELOVÁNÍ“ V NX7,5



# PŘÍLOHA 11

## „PROGRAMOVÁNÍ“ V NX7,5

